



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

**CARACTERIZAÇÃO DA BIOTA DO SOLO DA RESTINGA DA MARAMBAIA,
RJ, E ESTABELECIMENTO DE SIMBIOSE MICORRÍZICA EM *Schinus terebinthifolius*
Raddi.**

RODRIGO CAMARA DE SOUZA

Sob a orientação do Professor

Marcos Gervasio Pereira

e Co-orientação da Pesquisadora

Eliane Maria Ribeiro da Silva

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza, Linha de Pesquisa Recuperação de Áreas Degradadas

Seropédica, RJ
Maio de 2007

551.424098

153

S729c

T

Souza, Rodrigo Camara de, 1973-
Caracterização da biota do solo
da Restinga da Marambaia, RJ, e
estabelecimento de simbiose
micorrízica em *Schinus*
terebinthifolius Raddi / Rodrigo
Camara de Souza. - 2007.
108f. : il.

Orientador: Marcos Gervasio
Pereira.

Dissertação (mestrado) -
Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro, Instituto de Florestas.
Contém bibliografia.

1. Restingas - Rio de Janeiro (RJ)
- Conservação - Teses. 2.
Marambaia, Restinga da (RJ) -
Conservação - Teses. 3.
Reflorestamento - Mata Atlântica -
Teses. I. Pereira, Marcos Gervasio,
1965-. II. Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. Instituto
de Florestas. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

RODRIGO CAMARA DE SOUZA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 03/05/2007 (Data da defesa)

Marcos Gervasio Pereira. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Maria Elizabeth Fernandes Correia. Dr. Embrapa - Agrobiologia

Luiz Fernando Duarte de Moraes. Dr. Ibama.

“A mente que se abre a uma nova idéia, jamais voltará ao seu tamanho original”.

Albert Einstein

*Para meus pais,
Iole e Sebastião,*

*Minhas irmãs,
Rafaela Cristina e Ana Carolina,*

Pelo amor, apoio, carinho e compreensão,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, por ter iluminado toda a minha trajetória e permitido que as tarefas fossem cumpridas e os horizontes expandidos.

Aos meus pais e irmãs, por todo o amor e compreensão.

À UFRRJ, em especial ao Departamento de Solos e o Laboratório de Sementes do Instituto de Agronomia e ao Instituto de Florestas, pela possibilidade de realização do trabalho.

À Embrapa Agrobiologia, em especial ao Laboratório de Micorriza e ao Laboratório de Fauna do Solo, também pela possibilidade de realização do trabalho.

Ao CAPES, pela bolsa concedida.

Ao Professor Dr. Marcos Gervasio Pereira, pela amizade, apoio, confiança, orientação e por ter sido um dos maiores responsáveis pela realização deste trabalho.

À Pesquisadora Dra. Eliane Maria Ribeiro da Silva, pelo carinho, atenção, interesse e co-orientação.

À Pesquisadora Dra. Maria Elizabeth Fernandes Correia, pelos ensinamentos, dedicação, compreensão e paciência.

À Professora Dra. Cláudia Antônia Vieira Rossetto e ao Pesquisador Dr. Orivaldo José Saggin Júnior, pelo apoio e ensinamentos.

Ao Professor Dr. Luís Fernando Tavares de Menezes, pelo apoio e participação.

Ao Professor Dr. Roberto Carlos Costa Lelis, pelo apoio e atenção.

Ao Dr. Luiz Fernando Duarte de Moraes, pelas valiosas contribuições na correção do trabalho.

Aos amigos Rômulo Guimarães Giácomo e Raniere Ribeiro, pela amizade, apoio, interesse e valiosa e fundamental participação para a plena realização deste trabalho.

Aos Técnicos Itamar Garcia Ignácio, do Laboratório de Micorriza da Embrapa Agrobiologia, e Maria Helena Castro Soares, do Laboratório de Física do Solo da UFRRJ, pelo apoio, amizade e dedicação.

A todos os colegas da turma 2005/1º do mestrado em Ciências Ambientais e Florestais da UFRRJ, em especial: Danielle Pereira Cintra, Fernanda Pontual Fracalanza, Etiene Renata da Silva Gomes, Aiga Jucy Fuchshuber da Silva Caldas, Samara Salamene, Marco Aurélio Soares Pinheiro e Rita de Cássia de Paula Freitas Svorc, pelo companheirismo e amizade.

A todos os colegas do Laboratório de Gênese e Classificação de Solos da UFRRJ, em especial: Ademir Fontana, Arcângelo Loss, Adierison Gilvani Ebeling e Nivaldo Schultz, e a todos os colegas do Laboratório de Micorriza da Embrapa Agrobiologia, pela amizade e apoio.

Aos amigos Sérgio Rangel de Oliveira, cujo apoio foi fundamental, Érika Flávia Machado Pinheiro, Flávia Bartoly Rosa, Robson Silva de Andrade, Jorge Luiz Botelho, Fernanda, Michele Maria da Silva, Aline Gonzalez Viana, Maria Angélica Vergara Wasserman, Elaine Amparo Neves, Jacqueline Nascimento Costa, Fábio Correia Malta, Fernando Alves Vieira, Vagner Santos Pires e Renata Venâncio, por acreditarem em mim e me apoiarem.

Aos professores do Departamento de Ciências Ambientais e do Departamento de Silvicultura do Instituto de Florestas e do Departamento de Solos do Instituto de Agronomia, pela contribuição direta ou indireta no meu aprendizado durante a dissertação e todos os demais que contribuíram para minha formação em Agronomia.

Às professoras Dra. Inês Machline Silva e Dra. Maria Verônica Leite Pereira-Moura, pelo interesse e amizade.

A Marcelo de Souza e Luiz Roberto Zamith, pelo apoio e atenção.

RESUMO GERAL

SOUZA, Rodrigo Camara de. **Caracterização da biota do solo da Restinga da Marambaia, RJ, e estabelecimento de simbiose micorrízica em *Schinus terebinthifolius* Raddi**. Seropédica: UFRRJ, 2007. 107p. (Dissertação, Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Conservação da Natureza).

As Restingas, ecossistemas associados ao Bioma Mata Atlântica, encontram-se em franco estado de devastação. Com o objetivo de contribuir para a conservação e recuperação desses ecossistemas costeiros, foi realizada uma investigação sobre as características apresentadas pela estrutura da comunidade da fauna do solo (Capítulo I) e dos fungos micorrízicos arbusculares (Capítulo II) em dois fragmentos florestais (FFs) sujeitos à diferentes condições de saturação do solo, na Restinga da Marambaia, RJ, além de um estudo envolvendo a formação da simbiose micorrízica na produção de mudas de uma espécie florestal nativa, *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-pimenteira), cujas informações são de grande valia em programas de recuperação de áreas degradadas de restinga (Capítulo III). Com relação à fauna do solo, Formicidae foi o grupo mais abundante na restinga, onde foram encontrados grupos que só são verificados em ambientes não perturbados, demonstrando uma condição ecológica favorável; houve diferenças entre as duas áreas estudadas quanto ao índice de Shannon, densidade de indivíduos e riqueza de grupos. Quanto aos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), *Acaulospora* foi o gênero com maior riqueza de espécies, enquanto *Glomus* foi aquele mais freqüentemente encontrado; as áreas diferiram entre si em relação à densidade de esporos, que foi maior naquela com menor saturação do solo por água. A produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*, na qual empregou-se dois tipos de substrato, um formulado com esterco bovino e outro com lodo de estação de tratamento resíduos industriais, na presença e na ausência de inoculação com FMAs, mostrou que aquele que foi formulado com esterco promoveu ganhos significativos às plantas, não tendo sido verificadas diferenças estatísticas entre os tratamentos inoculados e os testemunha.

Palavras-chave: Reflorestamento; Restinga; Mata Atlântica.

GENERAL ABSTRACT

SOUZA, Rodrigo Camara de. **Soil biota characterization of Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, and establishment of mycorrhizal symbiosis in *Schinus terebinthifolius* Raddi**. Seropédica: UFRRJ, 2007. 107p. (Dissertação, Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Conservação da Natureza).

Sand coastal ecosystems are associated to the Atlantic Rainforest Bioma, and had been in great devastation. With the aim of contribute for the conservation and recovery of these coastal ecosystems, was carried out a study about the characteristics of the soil fauna community (Chapter I) and the arbuscular mycorrhizal fungi community (Chapter II) in two forest fragments in Restinga da Marambaia, RJ, characterized by different soil water conditions of saturation, beyond a study involving mycorrhiza symbiosis formation in the seedlings of *Schinus terebinthifolius* Raddi, whose information are of great value in the field of the recovery of disturbed areas in restinga (Chapter III). In relation to the soil fauna, Formicidae was the most abundant group and there were found some groups that are only perceived in not disturbed environments were found, demonstrating a favorable ecological condition in Marambaia; and there were differences between the two studied areas about the index of Shannon, density of individuals and richness of groups. In relation to the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), *Acaulospora* was the genus with the higher richness of species, while *Glomus* was the most frequently found; the areas were different between themselves in relation to the spores density, that was higher in that site with lesser saturation of the soil. The first experiment, in which had been produced *Schinus terebinthifolius* inoculated seedlings in two types of substratum, wich had differed in relation to the organic matter, showed that the one that was formulated with bovine manure was superior to the formulated one with mud. The production of *Schinus terebinthifolius* seedlings with two types of substratum, with and without inoculation with AMF, showed that one that was formulated with bovine manure promoted significant benefits, in comparison to the other one formulated with mud provenient of effluent industrials treatment, and there wasn't statistics difference between the inoculated treatments and the witness.

Key-words: Reforestation; Restinga; Atlantic Rainforest.

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Listagem florística do fragmento florestal 1 (FF 1), na Restinga da Marambaia, RJ.....	19
Tabela 2. Listagem florística do fragmento florestal 2 (FF 2), na Restinga da Marambaia, RJ.....	20
Tabela 3. Aporte de serrapilheira ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e precipitação pluviométrica média (mm) observados no período de outubro de 2005 a setembro de 2006, nos dois fragmentos florestais (FFs) da Restinga da Marambaia, RJ.....	22
Tabela 4. Números totais de elementos de cada grupo da fauna do solo e respectivas porcentagens totais de sua participação no total de efetivos encontrados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006.....	25
Tabela 5. Densidade dos grupos da fauna do solo em número de indivíduos. m^{-2} (\pm erro padrão) encontrados no fragmento florestal (FF) 1, da Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006.....	27
Tabela 6. Densidade dos grupos da fauna do solo em número de indivíduos. m^{-2} (\pm erro padrão) encontrados no fragmento florestal (FF) 2, da Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006.....	28
Tabela 7. Números totais de elementos da fauna do solo nos compartimentos serrapilheira (SE) e solo (SO) dos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006.....	30
Tabela 8. Ocorrência / preferência dos grupos de fauna do solo nos compartimentos serrapilheira (SE) e solo (SO) dos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006.....	32
Tabela 9. Distribuição da riqueza de grupos de fauna do solo nos compartimentos serrapilheira (SE) e solo (SO) nos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006.....	33
Tabela 10. Teor de umidade e temperatura do solo nos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006.....	33
Tabela 11. Relação da riqueza, diversidade e equabilidade dos grupos da fauna do solo nos compartimentos serrapilheira e solo e no total dos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006, com (11a) e sem Formicidae (11b).....	34

CAPÍTULO II

Tabela 1. Distribuição das espécies e da quantidade média de esporos (densidade) de FMAs encontrados nos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ.....	54
---	----

Tabela 2. Distribuição da riqueza de espécies de fungos micorrízicos arbusculares e densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares recuperados em dois fragmentos florestais estudados na Restinga da Marambaia, RJ.....58

Tabela 3. Teor de umidade do solo nos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006.....59

CAPÍTULO III

Tabela 1. Resultados da análise química dos componentes empregados na elaboração dos substratos, para a produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA).....85

Tabela 2. Variáveis avaliadas no teste de germinação de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA).....88

Tabela 3. Valores médios comparativos entre os tratamentos com LETRIP e com esterco, para os dados vegetativos e a colonização micorrízica das raízes das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), 120 dias após a semeadura.....91

Tabela 4. Valores médios comparativos entre os tratamentos com LETRIP e com esterco, para os dados do conteúdo de nutrientes das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), 120 dias após a semeadura.....91

Tabela 5. Valores médios dos dados vegetativos e da colonização micorrízica das raízes das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), não inoculadas e inoculadas com uma mistura equilibrada de *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, 120 dias após a semeadura.....92

Tabela 6. Valores médios dos dados do conteúdo de nutrientes das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), não inoculadas e inoculadas com uma mistura equilibrada de *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, 120 dias após a semeadura.....92

Tabela 7. Valores médios dos quatro tratamentos testados, para os dados vegetativos e a colonização micorrízica da raiz das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), 120 dias após a semeadura.....94

Tabela 8. Valores médios dos quatro tratamentos testados, para os dados do conteúdo de nutrientes acumulado nas mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), 120 dias após a semeadura.....95

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Localização da Restinga da Marambaia, RJ, na costa brasileira.....15
- Figura 2.** Localização da Restinga da Marambaia no Estado do Rio de Janeiro.....15
- Figura 3.** Face externa dos fragmentos florestais estudados da Restinga da Marambaia, RJ.....16
- Figura 4.** Aspecto interno dos fragmentos florestais estudados na Restinga da Marambaia, RJ (4a) e condição de saturação do solo (4b).....17
- Figura 5.** Posicionamento dos fragmentos florestais estudados na Restinga da Marambaia, em relação à Ilha da Marambaia, RJ.....18
- Figura 6.** Vegetação sob a formação de moitas, dispostas entre os fragmentos estudados na Restinga da Marambaia, RJ.....18
- Figura 7.** Detalhe da sonda metálica empregada na coleta de amostras de serrapilheira e solo para a fauna edáfica e do geotermômetro digital (7a) e da bateria de funis metálicos de Berlese-Tüllgren utilizados para a extração da fauna edáfica presente nos fragmentos florestais estudados da Restinga da Marambaia, RJ (7b).....21
- Figura 8.** Porcentagem dos grupos da fauna edáfica encontrados na serrapilheira (SE) e no solo (SO) dos fragmentos florestais (FF) 1 e 2 da Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006.....31

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Representação percentual dos gêneros de FMAs, conforme a riqueza de espécies encontradas nos fragmentos florestais (FFs) 1 (6a) e 2 (6b), da Restinga da Marambaia, RJ.....55
- Figura 2** – Distribuição percentual da quantidade total de esporos de FMAs extraídos, em dois fragmentos florestais da Restinga da Marambaia, RJ.....59

CAPÍTULO III

- Figura 1.** Aspecto geral de uma das matrizes de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), em frutificação, empregadas no estudo.....80
- Figura 2.** Detalhe dos frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA)....82
- Figura 3.** Recipientes plásticos empregados no teste de germinação, acondicionados em germinador (3a) e detalhe de plântulas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA).....84
- Figura 4.** Detalhe das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA) em casa de vegetação.....86
- Figura 5.** Tomada da altura das plantas (5a) e obtenção do diâmetro do caule das plantas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (5b).....87
- Figura 6.** Comparação entre mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA) produzidas em S1 (LETRIP), inoculadas e não inoculadas com FMAs (6a); em

S2 (esterco), inoculadas e não inoculadas com FMAs (6b); em S2 e em S1 inoculadas com FMAs (6c); e em S2 e em S1 não inoculadas com FMAs (6d).....90

Figura 7. Detalhe de partículas de borracha do LETRIP, visualizadas em microscópio estereoscópico; esporo de FMA ligado a partícula de borracha do LETRIP; hifas de FMA presas à partícula de borracha, no LETRIP.....97

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO I – Comunidade da Fauna do Solo em Fragmentos Florestais da Restinga da Marambaia, RJ	
Resumo.....	5
Abstract.....	6
1. Introdução.....	7
2. Revisão de Literatura.....	8
2.1. Restingas: solos e ciclagem de nutrientes.....	8
2.2. Fauna do solo.....	9
3. Material & Métodos.....	14
4. Resultados e Discussão.....	25
5. Conclusões.....	36
6. Referências Bibliográficas.....	37
CAPÍTULO II – Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em Fragmentos Florestais da Restinga da Marambaia, RJ	
Resumo.....	45
Abstract.....	46
1. Introdução.....	47
2. Revisão de Literatura.....	48
2.1. Restingas e ciclagem de nutrientes.....	48
2.2. Fungos micorrízicos arbusculares.....	49
3. Material e Métodos.....	52
4. Resultados e Discussão.....	54
5. Conclusões.....	61
6. Referências Bibliográficas.....	62
CAPÍTULO III – Produção de mudas micorrizadas de aroeira-pimenteira (<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.) em diferentes substratos	
Resumo.....	67
Abstract.....	68
1. Introdução.....	69
2. Revisão de Literatura.....	71
2.1. Substrato para produção de mudas de essências florestais.....	71

2.2. Resíduos como condicionantes de substratos.....	73
2.3. Sementes, recipientes e condições de insolação na produção de mudas de espécies florestais.....	75
2.4. Importância da simbiose micorrízica para a recuperação de restingas degradadas.....	76
2.5. <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi (AROEIRA-PIMENTEIRA).....	78
3. Material e Métodos.....	83
3.1. Teste de germinação para sementes de <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi (aroeira-pimenteira).....	83
3.2. Teste de substratos para a produção de mudas de <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares.....	84
4. Resultados e Discussão.....	72
4.1. Teste de germinação para sementes de <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA).....	88
4.2. Teste de substratos para a produção de mudas de <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares.....	90
5. Conclusões.....	99
6. Referências Bibliográficas.....	100
CONCLUSÕES GERAIS.....	108

INTRODUÇÃO GERAL

A extensão do litoral brasileiro é superior a nove mil quilômetros (SUGUIO & TESSLER, 1984), dos quais cerca de cinco mil quilômetros (79% do litoral brasileiro) são cobertos por restingas e dunas de areia, cujos ecossistemas, localizados entre os ambientes marinho e continental, apresentam complexidade estrutural e diversidade biológica comparadas apenas às das florestas pluviais tropicais (ARAÚJO & LACERDA, 1987). Além disto, devido à diversidade de habitats, as restingas brasileiras são um dos mais complexos ecossistemas existentes. Essa característica, que por um lado lhes confere especial interesse e valor, também é responsável por sua fragilidade e extrema susceptibilidade às perturbações causadas pelo homem (ARAÚJO & LACERDA, 1987).

Restinga é um conjunto de ecossistemas nos quais comunidades vegetais florística e fisionomicamente distintas estão situadas em terrenos predominantemente arenosos, de origem marinha, fluvial, lagunar, eólica ou combinação destas, de idade quaternária e, em geral, com solos pouco desenvolvidos (BRASIL, 1999).

A fauna e a flora das Restingas formam, em seu conjunto, associações bem típicas, embora compostas por animais e plantas encontrados nos mais diferentes ecossistemas, da Mata Atlântica à Amazônia (ARAÚJO, 2000).

A exploração predatória dos recursos naturais presentes nestes ecossistemas tomou vulto nos primórdios do descobrimento do Brasil, com a extração de madeira e lenha (ARAÚJO & LACERDA, 1987) e com a ampla exploração e comercialização de mamíferos e aves, antes abundantes nestes ecossistemas, fatos que transformaram a região costeira do Brasil no principal exportador de biodiversidade do planeta por quase 100 anos (BUENO, 1999). De fato, estes ecossistemas foram os primeiros a sofrerem os impactos antrópicos que, somente cerca de quatro séculos após o descobrimento do País, começaram a afetar os ecossistemas interioranos (LACERDA & STEVES, 2000).

Atualmente, a flora e a fauna litorâneas têm sido grandemente prejudicadas por aterros, construções de moradias, de estradas ou de áreas de lazer, deposição de rejeitos humanos e introdução de espécies exóticas (SOARES, 1984).

Como resultado da exploração de seus recursos biológicos naturais, pode-se atualmente considerar que as Restingas, em todo o litoral brasileiro, encontram-se de alguma maneira alteradas; infelizmente, a maioria destes ecossistemas está total ou parcialmente degradada (MMA, 1996).

As florestas e demais formas de vegetação natural situadas nas Restingas, para fixação de dunas e estabilização de mangues, são áreas de preservação permanente (APPs) (BRASIL, 1965). Assim, a área de Restinga desprovida total ou parcialmente de sua vegetação natural é considerada uma área degradada, situação na qual se impõe a obrigatoriedade de recomposição da vegetação, a fim de se restaurar o ecossistema e suas funções ambientais. As APPs são definidas como áreas de grande importância ecológica, cuja função reside na preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade ecológica, da biodiversidade, do fluxo gênico da fauna e flora, da proteção do solo e do bem-estar das populações humanas (AHRENS, 2005).

Dentre os estudos envolvendo a Mata Atlântica, aqueles realizados no âmbito das restingas são de grande valia, pois estes ecossistemas estão sujeitos a condições mais adversas (altas temperaturas, períodos de seca, ventos constantes, elevada salinidade e escassez de nutrientes) do que as outras comunidades vegetais pertencentes a este bioma, tornando-as diferentes de outros ambientes (SCARANO, 2002).

O litoral fluminense apresenta uma posição de destaque no âmbito das pesquisas em restingas porque, de acordo com ARAÚJO (2000), seus caracteres geomorfológicos e climáticos são muito diversificados, o que se deve a sua localização estratégica, situada numa zona transicional entre duas grandes regiões litorâneas: uma que se estende do recôncavo baiano até o sul do Espírito Santo e outra que vai desta região até Laguna, no Rio Grande do Sul. Desta maneira, seus caracteres fisiográficos se configuram em um apanhado do observado para ambas as regiões, o que se reflete numa grande riqueza florística e uma cobertura vegetal bastante variada.

Dentre as restingas do Estado do Rio de Janeiro, a Restinga da Marambaia merece especial atenção e deve ser encarada como área de relevante interesse para a realização de inventários florísticos, porque apresenta bom estado de preservação, há poucas informações a respeito desta questão e tem potencial para destruição pelo homem (ARAÚJO, 2000), além da grande diversidade de ambientes dispostos em diferentes feições geológicas, como dunas, praias, cordões arenosos e depressões intercordões, decorrentes dos seus processos de formação (RONCARATI & MENEZES, 2005), que são marcadas por diferentes graus de saturação hídrica do solo, às quais se associam diferentes fitofisionomias.

De acordo com as características de drenagem do solo, as matas de restinga podem ser divididas em: matas arenosas ou secas, que possuem solo bem drenado, e matas paludosas ou brejos, as quais se desenvolvem sobre solos mal drenados.

Na Restinga da Marambaia ocorre um total de onze formações vegetais diferentes: quatro são herbáceas, quatro arbustivas e três florestais. Esta individualização seguiu, além da saturação hídrica do solo, os critérios fisionômicos e de composição florística (MENEZES & ARAÚJO, 2005). Os fragmentos florestais no quais foram realizados os estudos da comunidade da fauna do solo (Capítulo I) e da comunidade dos fungos micorrízicos arbusculares (Capítulo II) na Restinga da Marambaia correspondem à formação vegetal conhecida como “mata” ou “floresta periodicamente inundada” (ARAÚJO & HENRIQUES, 1984), atualmente denominada “floresta inundável”, por MENEZES & ARAÚJO (2005).

Embora muitos estudos tenham sido realizados em diversas restingas ao longo da costa brasileira, grande parte deles se concentrou no levantamento florístico e fitossociológico (GUEDES et al., 2006; REIS, 2006; DIAS, 2005; CORDEIRO, 2005; SCHERER et al., 2005; ASSIS et al., 2004; MENEZES & ARAÚJO, 2004; PEREIRA et al., 2004; SANTOS et al., 2004; SÁ, 2002; PEREIRA et al., 2001; ASSUMPÇÃO & NASCIMENTO, 2000; ARAÚJO & HENRIQUES, 1984; PINTO et al., 1984; SILVA & SOMNER, 1984; WEINBERG, 1984; SILVA & GALLO, 1984; SILVA et al., 1984; SOARES, 1984), especialmente no caso do Estado do Rio de Janeiro, de tal forma que ARAÚJO (2000) considera que a flora de restinga do mesmo é uma das mais bem levantadas em toda a costa brasileira. Todavia, são poucos os trabalhos realizados até hoje com foco efetivo na recuperação e preservação destes ambientes, havendo lacunas, por exemplo, a respeito de informações sobre a participação ecológica dos fungos micorrízicos arbusculares e da fauna do solo nestes ambientes. Por exemplo, apenas recentemente um estudo sobre *Collembola* (fauna do solo), realizado na Restinga de Maricá, RJ, descreveu pela primeira vez algumas espécies desta ordem no Brasil, enquanto que outras espécies já conhecidas no país foram encontradas pela primeira vez no Estado do Rio de Janeiro e, em especial, em ecossistemas de restinga (FERNANDES & MENDONÇA, 2004).

Ainda há várias linhas de pesquisa a serem implementadas no âmbito das restingas, se destacando: a) ensaios para verificação da quebra de dormência de sementes de espécies arbóreas; b) testes de germinação; c) priorização de espécies para emprego na recuperação de áreas degradadas; d) adequação de substrato para a produção de mudas; e) identificação de

espécies vegetais que se associem com bactérias fixadoras de nitrogênio; f) identificação de fungos micorrízicos que participem da biota do solo; g) estudo da dependência micorrízica dos hospedeiros vegetais; h) caracterização e utilização da comunidade de organismos edáficos como bioindicadores de qualidade ambiental.

O esclarecimento destas questões auxiliará programas conservacionistas de recomposição de áreas degradadas em ambientes costeiros, embasando a definição de políticas para obtenção de espécies, produção e metodologias de germinação, plantio, adubação, entre outros, e conseqüentemente, a redução dos custos. Portanto, devem ser estimuladas pesquisas que venham a colaborar com o levantamento destas informações.

Neste contexto marcado pela carência de informações a respeito das restingas, o presente trabalho pretendeu colaborar por meio de estudos de caracterização da comunidade da fauna edáfica (Capítulo I) e de fungos micorrízicos arbusculares (Capítulo II) em fragmentos florestais associados a depressões intercordões arenosos da Restinga da Marambaia, RJ, e da produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi., uma espécie florestal nativa, inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, em diferentes tipos de substrato, para a recuperação de áreas degradadas nestes ecossistemas (Capítulo III).

CAPÍTULO I

COMUNIDADE DA FAUNA DO SOLO EM FRAGMENTOS FLORESTAIS DA RESTINGA DA MARAMBAIA, RJ

RESUMO

A função principal dos componentes da biota do solo é a participação nos processos de ciclagem de nutrientes, os quais são de grande importância nos ecossistemas tropicais oligotróficos, como é o caso das restingas. O presente estudo visou avaliar a comunidade da fauna do solo em dois fragmentos florestais (FFs) da Restinga da Marambaia, uma importante área com remanescentes de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, sujeitos à inundação. Um deles, FF 2, foi caracterizado por apresentar um maior nível de saturação do solo quando comparado ao FF 1. A coleta de amostras de fauna do solo ocorreu nos pontos mais livres de encharcamento possível. Para avaliação da fauna do solo, as amostras de serrapilheira e de solo foram obtidas com o auxílio de uma sonda metálica e, após a extração dos organismos por meio de funis coletores de Berlese-Tüllgren modificados, os mesmos foram identificados em grandes grupos. Em ambas as áreas estudadas Formicidae foi o grupo mais abundante e não houve preferência dos grupos em relação a um dos compartimentos estudados (solo/serrapilheira). As diferenças entre as áreas residiram no fato de FF 1 ter apresentado maior índice de Shannon e de equitabilidade, enquanto FF 2 guardou uma maior densidade de indivíduos e uma maior riqueza de grupos. Estes resultados podem ter sido reflexo da temperatura e do conteúdo de água no solo mais elevados em FF 2. Foram encontrados grupos da fauna do solo que só são identificados em ambientes não perturbados, demonstrando o estado de equilíbrio e bom funcionamento do ecossistema da Restinga da Marambaia.

Palavras-chave: Restinga da Marambaia, fauna do solo, biota do solo de restingas.

ABSTRACT

The main function of the soil biota is the participation in the nutrients cycling processes, which are very important in tropical oligotrophic ecosystems, such as restingas sand coastal ecosystems. The present study aimed to evaluate the soil animal communities in two temporarily flooding forest fragments (FF), one with higher soil water content (forest fragment 2) than the other one (forest fragment 1), in Restinga da Marambaia, an important area with remainders of Atlantic Rainforest in the State of Rio de Janeiro. Randomized litter samples and soil surface were taken, with a metallic sounding lead. The fauna groups were collected by modified Berlese-Tüllgren funnels and then identified. Formicidae was the most abundant group and there wasn't any preference of the groups in relation to one of the studied compartments (soil/litter); the site 1 presented the highest index of Shannon and Pielou, while the site 2 kept the highest density and the richness of groups. These results should be due to the highest soil temperature and water content in FF 2. It was observed the presence of some soil fauna groups that are only perceived in undisturbed environments, demonstrating the good functioning of the studied ecosystem.

Key words: Restinga da Marambaia, soil fauna community, soil biota of sand coastal ecosystems.

1. INTRODUÇÃO

A produção de biomassa vegetal depende basicamente de luz, água e suprimento adequado de nutrientes. Já que as plantas utilizam nutrientes minerais sob a forma inorgânica, elas dependem da taxa sob a qual a mineralização destes ocorre no solo (REICHLE, 1977).

Em ecossistemas de mata natural, o aporte de nutrientes para os organismos se mantém em função de uma ciclagem dos mesmos, isto é, do reaproveitamento dos elementos químicos presentes nos dejetos animais e na serrapilheira. Nestes ambientes, a ciclagem é mais equilibrada, o que concorre para uma maior estabilidade, em comparação com povoamentos homogêneos.

ODUM (1998) considera a serrapilheira um tipo de subsistema ecológico, onde bactérias e fungos trabalham conjuntamente com pequenos artrópodos na decomposição da matéria orgânica, sendo que a remoção destes últimos resulta na redução importante deste processo de decomposição.

A ciclagem é afetada tanto por aspectos abióticos (temperatura e umidade, principalmente) quanto por aspectos bióticos (composição química e quantidade do material vegetal que retorna ao solo; estrutura da comunidade de organismos que atuam na fragmentação e decomposição da serrapilheira).

A fauna do solo pode atuar diretamente na ciclagem, pois ao fragmentar a matéria orgânica, a superfície das partículas orgânicas é aumentada, o que facilita o “ataque” pelos decompositores propriamente ditos, que são os microrganismos, ou indiretamente, ao preda a microflora, o que acaba regulando a população desta.

Áreas de florestas tropicais situadas sobre solos antigos pré-cambrianos, altamente lixiviados, ou sobre depósitos arenosos pobres em nutrientes, são tão viçosas e produtivas quanto aquelas presentes em locais eutróficos, isto é, férteis. A explicação para este fato reside na complexa simbiose entre autótrofos e heterótrofos e microrganismos intermediários especiais (ODUM, 1998). Neste raciocínio encaixam-se as restingas, que são exemplo de ambientes oligotróficos; a fauna do solo, a qual engloba organismos heterótrofos que atuam na ciclagem de nutrientes; e os fungos micorrízicos arbusculares, os quais fazem parte do grupo dos microrganismos intermediários especiais.

O solo, que engloba componentes bióticos e abióticos que estão em contato íntimo, é um importante recurso natural que tem sido submetido a inúmeras agressões antrópicas, o que tem gerado preocupações em respeito a sua preservação e recuperação. Esta situação é especialmente alarmante no caso das restingas. Deste quadro, emergem várias linhas de pesquisa cuja finalidade reside na busca de informações que sirvam de base para a tomada de medidas de proteção (evitar os danos), mitigação (redução dos danos) e compensação (medida a ser adotada para as hipóteses nas quais não seja possível recuperar ou mitigar os danos impostos ao meio ambiente) por danos provocados aos ecossistemas, onde se inserem os estudos sobre a diversidade da fauna do solo.

Partindo desta premissa, este estudo teve como objetivo geral obter informações sobre a comunidade da fauna do solo de fragmentos florestais periodicamente inundados, da Restinga da Marambaia, RJ, cujos objetivos específicos foram identificar os grupos da fauna do solo que ocorrem nos fragmentos estudados; avaliar se há diferenças entre os fragmentos quanto à densidade, riqueza e diversidade de grupos da fauna do solo; observar possíveis diferenças na distribuição vertical da fauna do solo nestes fragmentos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. RESTINGAS: SOLOS E CICLAGEM DE NUTRIENTES

As Restingas são ecossistemas que se encontram associados ao bioma Mata Atlântica, o qual, de acordo com CAPOBIANCO (2002), originalmente ocupava cerca de 1.306.000 km², área que equivale a aproximadamente 15% do território brasileiro, abrangendo integral ou parcialmente 17 Estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sergipe e São Paulo. Atualmente, mais de 90% de sua área original já foram destruídos.

As restingas são, no sentido geomorfológico, áreas de sedimentação quaternária, e também formações vegetais que cobrem as planícies arenosas costeiras (SUGUIO & TESSLER, 1984).

Os solos nas áreas de restinga são classificados como Areias Quartzosas Marinhas (atualmente Neossolos Quartzarênicos), localizados próximos ao mar, imediatamente após as praias, e Podzóis (atualmente Espodosolos), que predominam nas baixadas correspondentes às Restingas (BRASIL, 1958; EMBRAPA/SNCLS, 1980; OLIVEIRA et al., 1992).

Segundo ALBERTONI & ESTEVES (1999), a fragilidade deste tipo de ecossistema é confirmada pela espessura do solo (de cinco a dez centímetros). A retirada da vegetação, em estágios mais avançados de degradação, acarreta a intensa erosão do solo pelos ventos (ARAÚJO & LACERDA, 1987). Tais características são responsáveis pela elevada vulnerabilidade das restingas ao impacto antrópico.

Os ecossistemas de restinga se caracterizam por apresentarem solos arenosos e pobres em argila (ARAÚJO & LACERDA, 1987) e em nutrientes. A textura destes solos concorre para a baixa retenção dos nutrientes. Estas características, aliadas à maresia, salinidade, elevadas temperaturas diurnas, movimento de dunas e baixo conteúdo de água acabam interferindo na ocupação da área pela vegetação (SOARES, 1984), a qual exerce importante papel na estabilização do sedimento arenoso.

É nas pequenas depressões ou baixadas mais úmidas que a vegetação encontra-se mais protegida dos fatores anteriormente citados; isto propicia um maior desenvolvimento da comunidade vegetal em número de espécies e de indivíduos. Entretanto, mesmo nestas condições, o solo é pobre em nutrientes para as plantas (SOARES, 1984).

A natureza química e física dos solos de restinga exerce influência direta sobre a qualidade da serrapilheira, a qual é pobre em bases e apresenta uma alta relação carbono/nitrogênio, o que indica que a velocidade de mineralização é lenta, pois leva cerca de um ano para que a massa das folhas e dos galhos seja reduzida em 50% e 25%, respectivamente, favorecendo o acúmulo de matéria orgânica em superfície nos solos. Este acúmulo permite que as plantas sejam o principal reservatório de Na, K, Ca e Mg, como foi verificado por HAY & LACERDA (1984) nas restingas da Barra de Maricá e Macaé, RJ.

PEREIRA et al. (2005) observaram que, em um estudo realizado na Restinga da Marambaia, RJ, a participação da fração folhas foi a mais importante no aporte de serrapilheira, cuja decomposição foi considerada lenta, aportando ao solo 112,2 kg de N ha⁻¹, 2,39 kg de P ha⁻¹ e 129,7 kg de K ha⁻¹.

Em todo ecossistema, os organismos autotróficos e heterotróficos funcionam conjuntamente, interagindo com o ambiente físico. Na natureza, as partes vivas e as não-vivas se encontram entrelaçadas tão fortemente que é difícil separá-las, de sorte que grande parte dos

elementos essenciais, como o carbono, o nitrogênio e o fósforo, e dos compostos orgânicos (carboidratos, proteínas, lipídeos) estão em constante fluxo entre as fases viva e não-viva (ODUM, 1988).

Nos ambientes de restinga, o solo não é a principal fonte de nutrientes para os vegetais; esta se constitui no *spray* marinho, ou seja, na maresia presente na atmosfera (ARAÚJO & LACERDA, 1987).

Embora muitas vezes o mar funcione como a maior fonte de adição de nutrientes via lençol freático, os nutrientes que entram no sistema não são retidos nos solos por muito tempo e, muitas vezes, o lençol freático age mais como dreno do que como fonte de nutrientes (HAY & LACERDA, 1984).

Essas características mostram a importância dos mecanismos capazes de reter ou retardar a saída de nutrientes do referido ecossistema, tais como: a retenção de nutrientes de origem atmosférica, a ciclagem de nutrientes, a decomposição lenta da matéria orgânica, o crescimento superficial de raízes, grande cobertura de epífitas.

Quanto à ciclagem de nutrientes, as interações entre as comunidades de vegetais e a biota do solo são indispensáveis para a sua manutenção em ecossistemas naturais, e a perturbação destas interações põe em risco o funcionamento equilibrado dos mesmos, podendo levar a prejuízos sócio-econômico-ambientais, incluindo a extinção de espécies.

2.2 FAUNA DO SOLO

A maior parte da biodiversidade mundial, a qual é estimada em 5 a 80 milhões de espécies, é composta por invertebrados, organismos que são majoritariamente representados por artrópodes e, mais especificamente, insetos. Entre os insetos terrestres, grande parte passa pelo menos uma fase do seu ciclo no solo, habilitando-os a compor a comunidade edáfica (GILLER, 1996), que é representada por quase todas as classes ou ordens conhecidas de invertebrados (CORREIA & OLIVEIRA, 2000).

A biodiversidade é extremamente importante para os ciclos biogeoquímicos, uma vez que as transformações que ocorrem nos mesmos dependem de atividades específicas que diversos organismos realizam (CORREIA, 2002), entre os quais: microrganismos (bactérias e fungos) e a fauna do solo, que compõem a biota do solo. Esta biota é um componente vital no processo de ciclagem de nutrientes nos ecossistemas, sendo que sua atuação na dinâmica da decomposição da matéria orgânica influencia vários níveis da cadeia trófica (NÜSSLEIN & TIEDJE, 1999). Todas as etapas do processo de mineralização da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes ocorrem nos compartimentos serrapilheira e solo, que funcionam não apenas como fonte de alimento para a fauna do solo, pois também servem de habitat, garantindo-lhes as condições para sua sobrevivência e reprodução (CORREIA & ANDRADE, 1999).

Existe uma forte ligação entre a biota do solo e a comunidade vegetal; organismos do solo influenciam na disponibilidade de nutrientes para as plantas, enquanto a cobertura vegetal em determinado ambiente pode favorecer ou não a presença de certos grupos da fauna do solo. Para CORREIA & ANDRADE (1999), uma serrapilheira heterogênea, que é o resultado de uma cobertura vegetal diversa, possibilita a colonização de diferentes espécies da fauna do solo com variadas estratégias de sobrevivência. Desta forma, é esperado encontrar elevada diversidade das comunidades edáficas em uma floresta tropical, devido à presença de diferentes microhabitats.

VARGAS et al. (2007) estudaram a comunidade de formigas em três fitofisionomias na Restinga da Marambaia, litoral sul do estado do Rio de Janeiro: vegetação herbácea fechada de cordão arenoso, um habitat homogêneo; arbustiva fechada de cordão arenoso; e floresta de

cordão arenoso, ambos considerados habitats heterogêneos. A menor densidade de espécies, abundância e diversidade foi verificada no habitat homogêneo, onde a serrapilheira foi a menos diversificada.

Investigando a influência de diferentes coberturas vegetais (reserva estritamente natural, uma zona vizinha à reserva natural, cultivos de mandioca, de *Gmelina arborea*, de *Tectona grandis* - teca - e de *Pinus caraba* - pinheiros) na diversidade e densidade de ácaros do solo, na Reserva da Biosfera Omo, Nigéria, BADEJO & OLA-ADAMS (2000) perceberam que os ácaros criptostigmatídeos apresentaram alta densidade na reserva estritamente natural e na zona vizinha à reserva natural, áreas marcadas por um maior conteúdo de matéria orgânica e um valor de pH mais próximo da neutralidade, características que conferiram a estas áreas uma maior fertilidade do solo. Em contraste, este mesmo grupo possuiu uma baixa densidade nas áreas cultivadas, o que permitiu concluir que a população deste grupo esteve fortemente ligada à fertilidade do solo. Estes autores assinalam que a maior riqueza de grupos de ácaros foi observada na zona vizinha à reserva natural e na reserva estritamente natural, ao passo que a menor, na área cultivada com mandioca. Na área cultivada com *Gmelina*, observou-se elevada diversidade de ácaros e dominância do gênero *Scheloribates*, sugerindo que esta cobertura, a qual foi similar à da área estritamente natural devido à elevada densidade de cobertura do solo, é mais favorável a esta população de ácaros do que a cobertura gerada por pinus e teca. Apesar da espessa cobertura do solo ocasionada por pinus, nesta área houve pouca presença de ácaros do solo, o que deve ter sido, provavelmente, fruto da composição química da serrapilheira.

Há estimativas, baseadas em diversos estudos, a respeito da densidade (número de indivíduos.m⁻²) de alguns organismos da fauna do solo, como, por exemplo, colêmbolos (de 0,5 a 2 x 10⁵), larvas de coleópteros (de 10 a 10³), larvas de dípteros (de 10 a 10³), minhocas (1 a 5 x 10²), térmitas (10² a 10⁵) e formigas (10² a 10⁵) (ASSAD, 1997). Entretanto, tais valores não são reais e subestimam o que realmente ocorre na natureza (CORREIA & ANDRADE, 1999).

A fauna edáfica influencia a atividade dos microrganismos de forma direta, em função da fragmentação da serrapilheira e das modificações físicas e químicas no solo, e de forma indireta, por meio de interações com os microrganismos (SWIFT et al., 1979), regulando suas populações (CORREIA, 2002).

Os organismos que compõem a fauna do solo possuem ampla variação quanto ao diâmetro e tamanho (AQUINO, 2005), forma, funções e metabolismo. Portanto, várias classificações têm sido criadas. Aquela que se baseia no diâmetro corporal dos animais acaba por guardar relação com o diâmetro do tubo digestivo e do aparelho bucal que, por sua vez, determinam o tipo de recurso alimentar e o potencial de consumo (CORREIA & OLIVEIRA, 2000). A partir daí, a fauna do solo foi dividida em: micro, meso, macro e megafauna (SWIFT et al., 1979).

A microfauna engloba organismos com diâmetro corporal compreendido entre 4 µm e 100 µm, os quais são aquáticos e vivem associados ao filme de água no solo. Indiretamente, têm importante papel na regulação da ciclagem de nutrientes por meio da ingestão de bactérias e fungos. A esta subdivisão pertencem, entre outros, protozoários e nematódeos.

Da mesofauna fazem parte os invertebrados com diâmetro entre 100 µm e 2 mm, que são terrestres e dependem extremamente da umidade do solo. Estes animais têm diversas atividades tróficas, entre elas o consumo de microrganismos e da microfauna e a fragmentação da matéria vegetal em decomposição. Envolve, por exemplo, ácaros, colêmbolos e enquitrídeos.

A macrofauna é representada por invertebrados cujo diâmetro corporal varia de 2 mm a 20 mm, da qual fazem parte minhocas, formigas e cupins, entre outros.

Aqueles que possuem diâmetro corporal superior a 20 mm são denominados megafauna, composta por alguns oligoquetos, diplópodes, quilópodes e coleópteros.

Os inúmeros grupos taxonômicos de invertebrados edáficos têm sua influência sobre os solos variando de um grupo para o outro e, muitas vezes, entre espécies de um mesmo grupo. Desta forma, a função dos grupos depende de sua mobilidade, seus hábitos alimentares e a posição espacial em que se encontram (ASSAD, 1997).

Uma outra classificação se reporta à funcionalidade da fauna do solo, a qual é então dividida em: engenheiros do ecossistema, decompositores e micropredadores (LAVELLE et al., 1995).

Anelídeos, térmitas e formigas constroem ninhos, cavidades e galerias e transportam material mineral e orgânico do solo e, por este motivo, são chamados de engenheiros do ecossistema. A sua atividade acaba afetando direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para os demais organismos e alterando profundamente as características físicas e químicas do solo (AQUINO, 2005), marcando a evolução do mesmo (ASSAD, 1997).

Apesar de os decompositores da serrapilheira possuírem um aparato digestivo com uma capacidade enzimática limitada e, em função disto, não serem capazes de decompor compostos como a celulose ou a lignina, suas interações com microrganismos promovem o sinergismo no sistema da decomposição (CORREIA & OLIVEIRA, 2000). Isto porque seus representantes, como, por exemplo, microartrópodos que se alimentam e vivem na serrapilheira, enquitreídeos (uma família representada por pequenas minhocas) e os cupins xilófagos, entre outros, acabam regulando a atividade microbiana (AQUINO, 2005) ao aumentar a superfície disponível para a ação da microflora com a fragmentação dos detritos, além de estimular suas populações quando se alimentam de certos grupos de fungos e bactérias e quando acrescentam proteínas e substâncias de crescimento, que normalmente estão presentes em suas excreções (ODUM, 1988). De fato, suas fezes funcionam como inóculo de microrganismos sobre a serrapilheira (CORREIA & ANDRADE, 1999). Estima-se que o aumento superficial da matéria orgânica em virtude da fragmentação dos resíduos orgânicos, da ingestão e da defecação realizada pelos invertebrados do solo seja superior a quinze vezes (AQUINO et al., 2005). Uma outra interação entre a fauna do solo e os microrganismos se dá quando esta transporta, com o seu deslocamento, os microrganismos, que têm mobilidade limitada, promovendo, então, uma maior dispersão destes no ambiente (CORREIA & OLIVEIRA, 2000).

Já os micropredadores se alimentam de microrganismos e, desta maneira, atuam regulando a biomassa e mantendo a diversidade do meio ao evitar a dominância de certos grupos (AQUINO, 2005). Além dos micropredadores, como os protozoários e os nematóides, há os macropredadores (aranhas, coleópteros, díptera, formigas e outros), que ajudam a manter baixa a densidade de insetos herbívoros, evitando que o seu próprio suprimento de alimentos e seu habitat sejam destruídos (AQUINO et al., 2005).

A estabilidade do ecossistema é fruto da interação entre vários processos indissociáveis (CORREIA, 2002), dos quais fazem parte os processos ecológicos dentro das populações, as interações entre as espécies ou grupos de organismos em uma certa comunidade e o próprio ambiente físico. Em solos com vegetação natural, a evolução do ecossistema é decorrente dos processos e mecanismos de adaptação dos recursos biológicos às condições ambientais, já que os mesmos são afetados pela redução da qualidade e da quantidade da matéria orgânica, que é sua fonte alimentar, e por alterações edafoclimáticas bruscas, tais como estiagem prolongada, encharcamento do solo, fogo, congelamento, compactação do solo, a qual afeta diretamente a porosidade e, desta maneira, altera a circulação de água, a oxigenação e até mesmo a capacidade que os organismos têm de se mover (ASSAD, 1997).

Populações são grupos de indivíduos de um tipo qualquer de organismo, enquanto que o seu conjunto em uma determinada área configura uma comunidade (ODUM, 1988). Por exemplo,

a comunidade da fauna do solo em determinado local e época pode abrigar populações de ácaros, de colêmbolos, oligoquetos etc.

Investigar quais espécies estão presentes e quando elas estão presentes em determinado ecossistema, sua abundância, que espaço é por elas ocupado e como ele é ocupado, enfim, conhecer a comunidade é uma tarefa difícil e que demanda a participação de diversos taxonomistas, situação que é agravada pelo fato de haver poucos estudos sobre diversos invertebrados. Desta forma, se tem procurado retratar uma comunidade escolhendo-se grandes grupos taxonômicos, grupos associados a certos pontos do habitat ou que tenham função semelhante, o que traz como vantagens a maior facilidade de execução do trabalho de identificação e permite um conhecimento global da variedade de organismos presentes, a qual reflete uma avaliação geral da qualidade do solo, podendo-se ainda apontar grupos funcionais que podem ser objeto de um estudo mais detalhado (CORREIA & OLIVEIRA, 2000).

Existe uma correlação positiva entre diversidade e estabilidade ecológica. Para ODUM (1988), quanto maior a diversidade, maiores são as chances de mais de uma espécie ou grupo de espécies desempenharem o mesmo papel ecológico (redundância), o que é interessante porque se um determinado grupo sofrer mais severamente as conseqüências de um impacto, o outro grupo com funções semelhantes e menos afetado do que este pode promover a compensação nos fluxos de energia e de materiais. Assim sendo, a estabilidade do ecossistema depende da habilidade da comunidade de conter espécies ou grupos funcionais capazes de fornecer diferentes respostas às condições ambientais (CORREIA, 2002).

Quando o ambiente é simplificado e ocorre uma redução da diversidade de espécies animais e vegetais, as flutuações nas suas populações se tornam marcantes, o contingente populacional tende a assumir valores descontrolados e os recursos se tornam escassos e insuficientes para a manutenção das funções ambientais.

Quanto maior é a diversidade em determinado ecossistema, maior tende a ser a sua complexidade. De uma maneira geral, esta complexidade costuma aumentar em ambientes livres de perturbações, o que concorre para um aumento da sua estabilidade, embora uma maior diversidade não necessariamente promova a estabilidade do ecossistema, pois alguns deles, quando perturbados periodicamente, tendem a apresentar uma diversidade mais elevada do que aqueles em “equilíbrio” (ODUM, 1988).

No biomonitoramento de área de empréstimo em reabilitação na Ilha da Madeira, RJ, região sob domínio da Mata Atlântica, os ambientes com maior riqueza vegetal apresentaram a maior riqueza de formigas, em comparação com os ambientes simplificados, em virtude da maior disponibilidade de nichos a serem colonizados onde a serrapilheira é mais heterogênea. Portanto, estes organismos sofrem forte influência da estrutura vegetal, refletindo as mudanças ambientais (PEREIRA et al., 2005).

Apesar de a fauna do solo possuir elevada diversidade funcional (CORREIA, 2002), a redundância funcional destes organismos é muito grande. Todavia, o conhecimento da riqueza de grupos é relevante para a compreensão do funcionamento e do nível de perturbação que o ecossistema pode apresentar, se for o caso, pois, segundo PERRY et al. (1989), há diferenças entre os grupos com redundância funcional quanto às preferências de microhabitat, à tolerância ambiental e exigências fisiológicas.

Avaliando a recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Porto Trombetas (PA), CORREIA et al. (2005) observaram que aos reflorestamentos mais antigos esteve associada uma comunidade da fauna do solo mais rica em espécies, confirmando a maturidade destes ambientes.

Pelo fato de a comunidade da fauna do solo participar amiúde dos processos que ocorrem na serrapilheira e no solo, decompondo e mineralizando a matéria orgânica, e por apresentar grande sensibilidade às interferências no ecossistema, a sua composição reflete o estado de funcionamento do mesmo (CORREIA & ANDRADE, 1999; DORAN & ZEISS, 2000).

Então, perturbações ambientais podem ser detectadas quando acontecem alterações na comunidade da fauna do solo (SILVA & CORREIA, 2000), tanto com relação à diversidade quanto à densidade da fauna do solo, geradas por alguma intervenção na cobertura vegetal (CORREIA & ANDRADE, 1999). A diminuição da diversidade e a alteração da estrutura da população de determinados grupos da fauna do solo podem indicar um processo de degradação do solo e, conseqüentemente, a perda de sua sustentabilidade (SILVA, 1998), a médio e longo prazos (DORAN & ZEISS, 2000). Este fato, aliado à crescente preocupação com a devastação de ecossistemas naturais, estimulou o surgimento de estudos da fauna do solo como bioindicadora da qualidade do solo, mas esta sugestão ainda está sendo construída (AQUINO et al., 2005).

Dentre as características que um bom indicador biológico deve ter, figuram: a capacidade de refletir o funcionamento do ecossistema, o monitoramento economicamente viável e uma distribuição universal (HOLLOWAY & STORK, 1991).

SILVA & CORREIA (2000) investigaram a comunidade da fauna do solo de duas áreas de Restinga, uma preservada e outra degradada e em processo de recuperação, no Parque Nacional da Restinga da Jurubatiba, RJ, e perceberam uma diferença altamente significativa entre as duas áreas quanto à densidade dos grupos, que foi superior na primeira área (2.077 indivíduos.m⁻²), em comparação com a segunda área (886 indivíduos.m⁻²). Além disto, todos os grupos encontrados no seu trabalho (19) estiveram presentes na área preservada, ao passo que na área degradada estiveram ausentes quatro deles: Orthoptera, Psocoptera, Pseudoscorpionida e Diplura. Sendo assim, este estudo evidenciou a sensibilidade da fauna do solo como indicador biológico das condições ambientais, pois a composição da comunidade da fauna do solo e as densidades, para a maioria dos grupos, foram diferentes entre as duas áreas estudadas.

Ainda há informações incipientes a respeito das espécies, da estrutura e da dinâmica das comunidades de fauna do solo e, portanto, estudos que investiguem estes temas contribuem para o maior conhecimento do potencial da biodiversidade (CORREIA, 2002) e podem contribuir para a aplicação da fauna do solo como bioindicadora da qualidade ambiental, permitindo o monitoramento dos ecossistemas e auxiliando nos programas de recuperação e nas iniciativas de preservação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta do material de fauna do solo foi realizada em outubro de 2006, em dois fragmentos florestais (FFs) localizados na porção oeste da Restinga da Marambaia, RJ. Como se trataram de fragmentos temporariamente inundados, o material foi coletado em pontos com o menor grau de encharcamento possível.

A Restinga da Marambaia é uma das poucas localidades da região costeira brasileira que ainda abriga todas as características naturais. Na verdade, a Marambaia inclui, além da restinga, uma ilha de mesmo nome, que serviu como ponto de sedimentação de materiais trazidos por correntes litorâneas. Daí surgiu a restinga, que tem o aspecto de uma comprida língua de areia e foi responsável pelo isolamento parcial entre a Ilha da Marambaia e a Barra de Guaratiba, a partir do qual se formou a baía de Sepetiba. O próprio nome Marambaia já destaca este aspecto, pois significa “cerco de mar”, derivando de *mbará-mbai*, do tupi-guarani (MENEZES et al., 1998), fazendo alusão à separação do Oceano Atlântico.

A Restinga da Marambaia se situa nas coordenadas 23° 03' S e 43° 36' W (MATTOS, 2005) e está em parte distribuída nos municípios do Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba. Corresponde a uma estreita faixa arenosa, com cerca de 40 km de comprimento no sentido L-O e 49,4 km² de área, a qual emerge poucos metros acima do nível médio do mar, a não ser onde se dispõem as dunas, locais onde pode atingir até 30 m de altura. Na extremidade Oeste, esta restinga se liga ao Pico da Marambaia, elevação com 641 m de altitude; é nesta porção que ela atinge sua maior largura, estimada em 3,5 km. Na parte central, ocorre um estreitamento de até 120 m de largura, em função da remobilização dos sedimentos arenosos por meio das correntes internas da Baía de Sepetiba. Na outra extremidade (Leste), situa-se a parte mais próxima ao continente, a ponta de Guaratiba, cuja largura aproximada é de 1,8 km; nesta porção ela quase chega a se ligar ao continente, o que não ocorre em virtude de uma interrupção ocasionada pelo Canal do Bacalhau, por onde passam as águas que circulam nos manguezais de Guaratiba, na Baía de Sepetiba (RONCARATI & MENEZES, 2005) (Figuras 1 e 2).

De acordo com os critérios de Köppen, a área estudada enquadra-se no macroclima do tipo Aw - Clima Tropical Chuvoso. As chuvas são abundantes no verão e escassas no inverno (MATTOS, 2005), com uma precipitação média anual em torno de 1027,2 mm, com o mês de agosto sendo o mais seco (precipitação média de 47,4 mm) e março, o mais chuvoso (precipitação média de 140,6 mm). Não existe uma estação seca bem definida ao longo do ano. As temperaturas do ar são características de áreas litorâneas tropicais: a temperatura média anual chega a 23,6° C, com os valores extremos ocorrendo em fevereiro, que é o mês mais quente (temperatura média de 26,7° C), e em julho, que é o mais frio (temperatura média de 21,0° C) (MENEZES & ARAÚJO, 2005).

A Marambaia é uma região de uso restrito das forças militares: Exército, na porção leste; Aeronáutica, na porção intermediária; e Marinha, no extremo oeste. Este ambiente resguarda parcela importante da Mata Pluvial Costeira do Estado do Rio de Janeiro, tanto em função da posição geográfica quanto em função do acesso restrito imposto pelas forças armadas (PEREIRA et al., 1990), as quais coíbem a caça, a retirada de madeira e areia e, principalmente, a especulação imobiliária, concorrendo para o seu bom estado atual de preservação (DIAS, 2005) e para sua constituição em um dos poucos refúgios para a fauna e a flora de Restinga (MENEZES et al., 1998) no Estado do Rio de Janeiro.

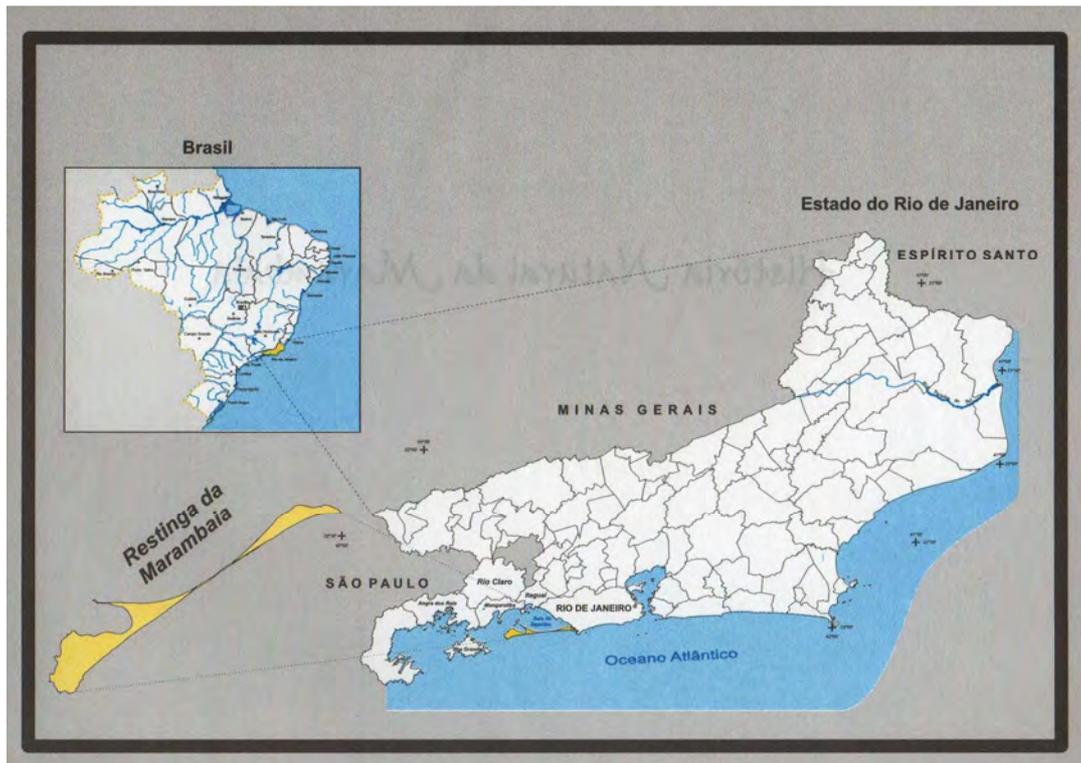


Figura 1. Localização da Restinga da Marambaia, RJ, na costa brasileira.
Fonte: MENEZES (Eds.), 2005.



Figura 2. Localização da Restinga da Marambaia no Estado do Rio de Janeiro.
Fonte: MENEZES (Eds.), 2005.

Os FFs estudados apresentam elevado grau de saturação hídrica do solo, o qual decorre do transbordamento do lençol freático como resultante das áreas estarem inseridas em depressões entre cordões arenosos. Entretanto, eles guardam entre si diferenças quanto ao grau de hidromorfismo: enquanto nos meses mais secos permanecem apenas poças esparsas em FF 1, em FF 2, neste mesmo período, ainda costuma se conservar uma lâmina d' água de 4 cm na superfície do solo toda a sua extensão.

A Figura 3 ilustra o aspecto externo dos FFs estudados, enquanto as Figuras 4a e 4b, o aspecto interno, caracterizado pela condição de elevada saturação hídrica do solo, a qual é responsável pelo acúmulo de espessa camada de material orgânico na superfície do solo.



Figura 3. Face externa dos fragmentos florestais estudados da Restinga da Marambaia, RJ.

Devido à condição de maior saturação do solo em FF 2, em comparação com FF 1, a camada de acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo do primeiro fragmento apresenta uma maior espessura (respectivamente, camada superior a 50 cm e superior a 40 cm). Segundo MENEZES et al. (2005), os solos das áreas foram classificados como Neossolo Quartzarênico Hidromórfico.



(4a)



(4b)

Figura 4. Aspecto interno dos fragmentos florestais estudados na Restinga da Marambaia, RJ (4a) e condição de saturação do solo (4b).

Os FFs em questão se encontram próximos do embasamento da Ilha da Marambaia (Figura 5), em uma depressão entre as cúspides dos cordões arenosos internos, distando entre si por aproximadamente 100 m. Neste intervalo entre os FFs, observa-se a presença de moitas de vegetação, intercaladas por areia (Figura 6).

Em função do estado atual de degradação do Bioma Mata Atlântica, especialmente dos ecossistemas associados de Restinga, a realização de estudos a cerca do patrimônio ecológico presente nestes ambientes é de extrema importância para a preservação e recuperação de seus remanescentes.

O levantamento florístico e fitossociológico das áreas (Tabelas 1 e 2) foi realizado por Alexandre dos Santos Medeiros e Luís Fernando Tavares Meneses (comunicação pessoal). No total, foram encontrados 1.147 indivíduos arbóreos distribuídos em vinte e duas famílias, trinta e nove gêneros e quarenta e seis espécies.

De um talhão de aproximadamente um hectare, em cada FF, foram colhidas amostras da serrapilheira e do solo, ao acaso. Cada FF foi representado por cinco amostras, as quais foram coletadas com o auxílio de uma sonda metálica com dimensões de 25 cm x 25 cm. Após a colocação da sonda no solo em cada ponto de coleta, foi amostrada a serrapilheira e, posteriormente, foi retirado o solo até a profundidade de 5 cm, sendo ambos embalados separadamente em sacos plásticos identificados, até o momento da extração da fauna, que ocorreu no dia seguinte. Para maiores inferências a respeito da fauna edáfica, em cada ponto de coleta, foram ainda obtidos os dados referentes à temperatura do solo no campo, por meio de termômetro geotérmico digital (Figura 7a).

A divisão das amostras nos dois compartimentos serrapilheira e solo visou identificar a preferência de artrópodes edáficos por um destes microhabitats, a qual pode ser influenciada pela variação de temperatura e conteúdo hídrico, assim como caracterizar a relação entre os grupos e o estado de decomposição da matéria orgânica.



Figura 5. Posicionamento dos fragmentos florestais estudados na Restinga da Marambaia, em relação à Ilha da Marambaia, RJ.



Figura 6. Vegetação sob a formação de moitas, dispostas entre os fragmentos estudados na Restinga da Marambaia, RJ.

Tabela 1. Listagem florística do fragmento florestal 1 (FF 1), na Restinga da Marambaia, RJ

FAMÍLIA	ESPÉCIE	Nº IND.
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	74
Annonaceae	<i>Anaxagorea dolichocarpa</i> Sprague & Sandwith	27
	<i>Annona glabra</i> L.	1
	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	1
Apocynaceae	<i>Himatanthus lancifolius</i> (Müll. Arg.) Woodson	6
Aquifoliaceae	<i>Ilex microdonta</i> Reissek	1
Bignoniaceae	<i>Tabebuia cassinoides</i> (Lam) DC.	40
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum brasiliense</i> Miq.	3
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	103
	<i>Garcinia brasiliensis</i> Mart.	1
Ebenaceae	<i>Diospyros ebenaster</i> Retz	6
Euphorbiaceae	<i>Actinostemon communis</i> (Müll. Arg.) Pax.	7
	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg.	7
	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	5
	<i>Pera glabrata</i> Baill.	3
Lauraceae	<i>Ocotea schottii</i> (Meisn.) Mez	14
Leguminosae	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	1
	<i>Inga subnuda</i> Salzm. ex Benth.	6
Melastomataceae	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	6
Moraceae	<i>Ficus adhatodifolia</i> Schott	1
	<i>Ficus gomelleira</i> Kunth & Bouché	1
	<i>Ficus hirsuta</i> Schott	3
Myrsinaceae	<i>Myrsine venosa</i> A. DC.	4
Myrtaceae	<i>Calyptanthes brasiliensis</i> Spreng.	9
	<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	1
	<i>Myrcia acuminatissima</i> O. Berg.	182
	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam) DC.	82
	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	4
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	1
Ochnaceae	<i>Ouratea cuspidata</i> (A. St.-Hil.) Engl.	1
Rubiaceae	<i>Amaioua intermedia</i> Mart. ex Roem. & Schult.	4
	<i>Tocoyena bullata</i> Mart.	1
Sapindaceae	<i>Cupania emarginata</i> Cambess.	2
	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	1
Sapotaceae	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	1
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	6
	Total de indivíduos	616

Tabela 2. Listagem florística do fragmento florestal 2 (FF), na Restinga da Marambaia, RJ

FAMÍLIA	ESPÉCIE	Nº IND.
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	61
Annonaceae	<i>Anaxagorea dolichocarpa</i> Sprague & Sandwith	10
	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	1
Apocynaceae	<i>Himatanthus lancifolius</i> (Mull. Arg.) Woodson	1
Aquifoliaceae	<i>Ilex integerrima</i> (Vell) Reissek	2
	<i>Ilex microdontha</i> Reissek	3
Bignoniaceae	<i>Tabebuia cassinoides</i> (Lam.) DC.	101
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum brasiliense</i> Mart.	24
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	26
	<i>Kilmeyra lathropheytum</i> Saddi	3
Ebenaceae	<i>Diospyros ebenaster</i> Retz	96
Euphorbiaceae	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg.	8
	<i>Actinostemon communis</i> (Müll. Arg.) Pax.	8
	<i>Pera glabrata</i> Baill.	7
Lauraceae	<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	2
	<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	1
	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	2
Leguminosae	<i>Andira fraxinifolia</i> Bent	2
	<i>Inga subnuda</i> Salzm. ex Benth.	11
Melastomataceae	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	7
Meliaceae	<i>Guarea macrophylla</i> ssp. <i>tuberculata</i> (Vell.) T. D. Penn.	6
Moraceae	<i>Ficus clusifolia</i> Shopp	6
	<i>Ficus gomelleira</i> Kunth & Boché	2
Myrsinaceae	<i>Cybianthus peruvianus</i> (A. DC.) Miq.	3
	<i>Myrsine venosa</i> A. DC.	2
Myrtaceae	<i>Calyptranthes brasiliensis</i> DC.	7
	<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	9
	<i>Myrcia acuminatissima</i> O. Berg	79
	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	10
	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	1
Rubiaceae	<i>Amaioua intermedia</i> Mart. ex Roem. & Schult.	7
Sapotaceae	<i>Manilkara subsericea</i> (Mart.) Dubard	1
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	21
	<i>Coussapoa microcarpa</i> (Schott) Rizzini	1
	Total de indivíduos	531

Os dois microhabitats - serrapilheira e solo - apresentam uma diferença marcante em relação ao estágio de mineralização em que a matéria orgânica se encontra: este é mais avançado no solo; esta condição pode, então, influenciar a distribuição vertical dos organismos da fauna do solo (preferência por um destes compartimentos).



(7a)



(7b)

Figura 7. Detalhe da sonda metálica empregada na coleta de amostras de serrapilheira e solo para a fauna edáfica e do geotermômetro digital (7a) e da bateria de funis metálicos de Berlese-Tüllgren utilizados para a extração da fauna edáfica presente nos fragmentos florestais estudados da Restinga da Marambaia, RJ (7b).

Durante a coleta foram evitados os pontos sob condições de encharcamento do solo, conforme preconizam CORREIA & OLIVEIRA (2000).

O aporte de serrapilheira nas áreas estudadas foi avaliado por Ranieri Ribeiro e Marcos Gervasio Pereira (comunicação pessoal), ao longo de onze meses antes da época da coleta do material de serrapilheira e solo, ou seja de outubro de 2005 a setembro de 2006, por meio de coletores cônicos. Os dados encontram-se na Tabela 3.

O conteúdo de água nas amostras de solo foi avaliado por meio da umidade gravimétrica (Ug%), a qual foi analisada em laboratório (EMBRAPA, 1997), e teve como objetivo caracterizar possíveis diferenças entre os sítios quanto ao grau de umidade do solo.

Umidade Gravimétrica (Ug%):

$Ug\% = [(M.A.U. - M.A.S.) \times 100] / M.A.S.$, onde:

M.A.U. = massa de amostra úmida, pesada em balança com duas casas decimais;

M.A.S. = massa de amostra seca, pesada em balança com duas casas decimais, após permanência da amostra em estufa a 105°C, por 24 h.

Os invertebrados do solo foram obtidos por meio de extratores do tipo Berlese-Tüllgren (GARAY, 1989), ligeiramente modificados. Cada amostra da serrapilheira e do solo das duas áreas foi depositada em um funil metálico contendo em sua porção terminal um recipiente de vidro com capacidade de 300 ml em sua base, com uma solução fixadora de ácido-acetilsalicílico a 3%. Lâmpadas de 40 W foram dispostas sobre os funis, forçando a migração dos animais para o fundo do funil, de modo que os mesmos caíssem dentro dos frascos (Figura 7b).

Depois de o material ter permanecido nesta bateria de funis por onze dias, os frascos foram completados com álcool a 70%, tampados e levados para o registro dos grupos de animais, que foi realizado nos laboratórios de Classificação e Gênese do Solo, do Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da UFRRJ, e da Fauna do Solo, da Embrapa Agrobiologia, em placa de Petri, com auxílio de lupa binocular. A identificação dos grandes grupos em ordens ou famílias foi realizada por meio da comparação dos indivíduos com pranchas de identificação.

Tabela 3 – Aporte de serrapilheira ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e precipitação pluviométrica média (mm) observados no período de outubro de 2005 a setembro de 2006, nos dois fragmentos florestais (FFs) da Restinga da Marambaia, RJ

MÊS/ANO	FF		PRECIPITAÇÃO (mm)
	1 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	2	
out/05	177,05	177,13	80,0
nov/05	170,65	178,03	136,6
dez/05	156,71	138,88	168,9
jan/06	341,54	286,96	228,2
fev/06	317,47	260,45	181,3
mar/06	172,62	159,10	98,8
abr/06	166,78	224,02	101,8
mai/06	88,76	99,90	116,9
jun/06	81,58	91,96	44,0
jul/06	203,35	170,69	35,4
ago/06	144,44	114,32	67,4
set/06	205,15	212,71	83,7
TOTAL	2226,10	2114,15	1343,0

Existe uma grande variedade quanto aos métodos usados em estudos da fauna edáfica, devido às dificuldades físicas inerentes ao ambiente edáfico e à grande diversidade de grupos de animais (POCHON et al., 1969). Ao se estudar uma comunidade sob a ótica generalista de grandes grupos taxonômicos, como a variedade de organismos encontrada em determinado habitat pode ser grande, há limitações de caráter metodológico e com relação à impossibilidade de se determinar com exatidão a funcionalidade de muitos dos grupos. Portanto, a diversidade das comunidades da fauna do solo corresponde a estimativas subestimadas, pois os resultados são inferiores ao que ocorre realmente na natureza (CORREIA & OLIVEIRA, 2000). A limitação metodológica se reporta à inexistência de uma metodologia única que seja eficiente para a amostragem e a extração de todos os grupos da fauna do solo (GARAY, 1989). Todavia, esta situação pode ser relativamente contornada, por exemplo, ao se comparar comunidades submetidas a diferentes condições ambientais (CORREIA & OLIVEIRA, 2000). Um outro artifício empregado é a inclusão do erro padrão na estimativa da densidade de indivíduos, a qual permite inferências sobre a atividade dos grupos.

Então, fica evidente que todos os métodos para o estudo da fauna do solo possuem vantagens e desvantagens. O método de Berlese-Tüllgren, empregado no presente estudo, não é adequado para estimativas de insetos sociais que habitam o subsolo, como Formicidae e Isoptera. Como a maior parte de seus integrantes encontra-se ativa no interior das colônias, a profundidades no solo superiores às da coleta, a metodologia empregada certamente subestima o seu contingente populacional. Desta forma, deve-se considerar que o contingente de térmitas e de formigas detectados desta forma não representam as densidades reais destes grupos, mas a intensidade de sua atividade fora do ninho (CORREIA, 1994).

A escolha do método dos funis de Berlese-Tüllgren baseou-se na simplicidade e eficácia para solos ricos em matéria orgânica (POCHON et al., 1969), como foi o caso das áreas estudadas. Todavia, sua eficiência varia conforme o grupo de fauna.

Este método apresenta o inconveniente de realizar um gradiente de umidade ao longo da amostra e, se a desidratação for muito rápida, pode matar alguns animais que têm baixa mobilidade, podendo ser excluído para, por exemplo, larvas de Diptera, que são ápodas e têm maior dificuldade de locomoção dentro da amostra.

Quando adultos de Diptera, os quais são alados e não vivem no solo, são encontrados por meio da metodologia empregada no presente estudo, a sua presença pode indicar que os mesmos foram coletados em um estágio de vida larvar, tendo eclodido durante o período de extração, havendo ainda a hipótese de que tais animais utilizam a serrapilheira como refúgio (CORREIA, 1994).

No presente estudo, a família Formicidae representou um grupo independente da ordem Hymenoptera, à qual pertence taxonomicamente, devido à facilidade de individualização das formigas e à intensa atividade destas registrada na Restinga da Marambaia. Já a separação da família Enchytraeidae da ordem Oligocheta seguiu o critério morfológico, pois os indivíduos desta família são, em geral, muito menores do que as minhocas e têm cor branca e, portanto, constituiriam na linguagem popular os vermes do solo além do que consta na literatura que estes animais apresentariam uma maior taxa de atividade do que as minhocas e tolerariam mais eficientemente do que estas condições de pH do solo baixo, o que os habilitaria a estabelecer populações elevadas em solos com altos teores de matéria orgânica (ASSAD, 1997).

As larvas de insetos (dípteros, coleópteros e lepidópteros) constituíram grupos separados dos indivíduos adultos porque os nichos de ambos, na maioria dos casos, diferem fortemente (CORREIA, 1994). Por exemplo, as larvas de dípteros vivem no solo, o que não acontece com as formas adultas. Segundo ODUM (1988), pelo fato de, muitas vezes, os estágios bionômicos ou formas vitais dentro da espécie ocuparem nichos ou habitats diferentes, os mesmos podem contribuir para a variedade no ecossistema. Então, a espécie pode não ser a melhor unidade ecológica para medidas de diversidade. Este raciocínio indica que as larvas e os adultos de uma mesma espécie desempenham papéis ecológicos diferentes.

Então, o “retrato” da comunidade da fauna do solo varia conforme o método empregado; entretanto, cada “retrato” se configura como uma ferramenta a partir da qual são levantadas informações preliminares sobre a comunidade. É preciso que se realizem estudos comparativos entre diferentes métodos, em diferentes épocas, para que se proceda ao monitoramento da biota do solo e da qualidade ambiental em questão.

Quanto à organização das comunidades, tentar estabelecer os limites espaciais de uma comunidade, isto é, delimitar onde ela começa e onde acaba, é uma tarefa arbitrária, já que em ecossistemas naturais os gradientes bióticos são fortemente determinados por gradientes abióticos (CORREIA & OLIVEIRA, 2000). Entretanto, em função de os fragmentos florestais terem se apresentado separados entre si por uma faixa de areia de aproximadamente cem metros, sob intensa insolação direta e com o solo apresentando-se aparentemente seco (condições ambientais desfavoráveis para muitos organismos), na qual foram verificadas apenas moitas de vegetação bastante esparsas, acredita-se que a individualização da comunidade da fauna edáfica de ambos os fragmentos tenha ocorrido a contento.

No estudo da estrutura das comunidades da fauna edáfica de dois fragmentos florestais da Restinga da Marambaia, RJ, foram estimados o número total de elementos coletados em cada área, a densidade (média das repetições de cada área) dos grandes grupos em número de indivíduos.m⁻² (atividade), com o respectivo erro padrão, a riqueza total em cada área, a diversidade e a uniformidade para os compartimentos serrapilheira e solo de cada mata, e para o total encontrado em cada uma das duas áreas. A diversidade dos grupos da fauna do solo expressa a relação entre o número de grupos (riqueza de grupos) e a distribuição do número de indivíduos

entre os grupos (uniformidade ou equabilidade). A diversidade foi estimada em função do Índice de Diversidade de Shannon (H'), ao passo que a uniformidade dos grupos foi estimada de acordo com o Índice de Uniformidade de Pielou (e), conforme citação em ODUM (1988).

Índice de Diversidade de Shannon-Weaver (H'):

$H' = - \sum p_i \times \log p_i$, onde:

$p_i = n_i / N$;

n_i = valor de importância do grupo ou número de indivíduos do grupo;

N = total dos valores de importância ou número total dos indivíduos.

Índice de Uniformidade de Pielou (e):

$e = H' / \log S$, onde:

S = número de grupos

Os resultados encontrados foram avaliados segundo o Teste de Mann-Whitney, ou Teste “U” (ZAR, 1984), um dos mais poderosos testes estatísticos não-paramétricos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a triagem dos invertebrados do solo da Restinga da Marambaia, RJ, foi encontrado um total de 18.640 elementos (Tabela 4), dos quais 7.072 (37,94% do total) e 11.568 (62,06% do total), respectivamente, ocorreram nos fragmentos florestais (FFs) 1 e 2.

Tabela 4. Números totais de elementos de cada grupo da fauna do solo e respectivas porcentagens totais de sua participação no total de efetivos encontrados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006

GRUPO	TOTAL (ind)	% DO TOTAL
LARVAS DE DIPTERA	2.880	15,45
FORMICIDAE	6.112	32,79
ISOPTERA	896	4,81
COLEOPTERA	1.984	10,64
DIPTERA	1.568	8,41
COLLEMBOLA	1.520	8,15
LARVAS DE COLEOPTERA	1.456	7,81
HETEROPTERA	480	2,58
THYSANOPTERA	416	2,23
HOMOPTERA	400	2,15
HYMENOPTERA	112	0,60
PSEUDOSCORPIONIDA	160	0,86
ARANEAE	112	0,60
LARVAS DE LEPIDOPTERA	32	0,17
OLIGOCHETA	48	0,26
SYMPHYLA	16	0,09
CHILOPODA	32	0,17
BLATTODEA	48	0,26
DIPLOPODA	80	0,43
ENCHYTRAEIDAE	48	0,26
ISOPODA	96	0,52
LEPIDOPTERA	48	0,26
ORTHOPTERA	16	0,09
PSOCOPTERA	16	0,09
TRICHOPTERA	64	0,34
TOTAL	18.640	100,00

O contingente total da fauna do solo para a Restinga da Marambaia observado pelo presente trabalho revelou-se expressivamente superior ao observado por OLIVEIRA (1997), o qual encontrou, também por meio de funis de Berlese-Tüllgren modificados, ao longo de um ano de coleta, um total de 12.232 indivíduos na Restinga de Maricá, RJ. Todavia, o referido autor

obteve tal resultado por meio de coletas de serrapilheira e de solo no interior de moitas de vegetação entremeadas de solo desnudo, composto apenas de areia. Este mosaico de ilhas de microclima favorável ladeadas por vazios com solo seco, sob altas temperaturas, os quais funcionam como empecilho para a dispersão dos animais, certamente influenciou este achado. Já no presente estudo a situação foi diferente, pois as coletas foram tomadas em aproximadamente 1 hectare dentro de dois fragmentos de matas periodicamente inundadas e com temperatura média do solo de 22,2°C, o que configurou condições ambientais bem mais amenas.

MARTINHO et al. (2004) realizaram um levantamento da fauna edáfica também de uma área periodicamente inundável da Restinga da Marambaia, na estação do verão, empregando a mesma metodologia de extração dos invertebrados do solo, e encontraram um contingente total de 18.060 elementos, valor muito próximo do verificado pelo presente estudo, o qual foi realizado na estação da primavera.

Entre os cinco grupos com maior participação no total de indivíduos coletados da fauna do solo na Restinga da Marambaia estiveram Formicidae (32,79%), larvas de Diptera (15,45%), Coleoptera (10,64%), Diptera (8,41%) e Collembola (8,15%) (Tabela 4). Já na Restinga de Maricá, OLIVEIRA (1997) observou que Hymenoptera (23,91%), ordem representada apenas pela família Formicidae, Isoptera (23,36%), Homoptera (8,01%), Pseudoscorpionida (7,84%) e Thysanoptera (7,64%) foram os cinco grupos mais abundantes, mostrando que Formicidae, único grupo dentre os cinco mais abundantes em comum entre as duas restingas, tem grande participação nestes ecossistemas.

Em seu estudo, MARTINHO et al. (2004) verificaram que na área estudada da Restinga da Marambaia os cinco grandes grupos com maior participação no total de invertebrados coletados foram Formicidae (65,56%), Hymenoptera sem Formicidae (11,69%), Coleoptera (6,09%), Araneae (2,92%) e Collembola (2,66%). Pelo fato de muitos grupos da fauna edáfica apresentarem densidades claramente influenciadas pelo clima e até mesmo por pequenas variações ambientais (OLIVEIRA, 1997), acredita-se que esta seja a possível razão pela qual houve diferenças entre o presente estudo e o estudo de MARTINHO et al. (2004), já que a coleta do primeiro foi tomada na primavera, enquanto a do segundo, no verão. Por outro lado, a composição da comunidade vegetal, a qual influencia diretamente a composição da comunidade edáfica (CORREIA & ANDRADE, 1999), não foi informada por MARTINHO et al. (2004) e, desta maneira, não se pode fazer muitas inferências ao se comparar os resultados encontrados pelos autores anteriormente citados com os do presente trabalho.

HAY & LACERDA (1984) perceberam que Isoptera e Formicidae são grupos que apresentaram importante participação no processo de fragmentação de folhas da vegetação das restingas da Barra de Maricá e de Macé, RJ.

No presente estudo, as densidades encontradas dos grupos da fauna do solo na Restinga da Marambaia foram de 1.418 indivíduos.m⁻² em FF 1 (Tabela 5) e 2.314 indivíduos.m⁻² em FF 2, sendo que Formicidae e larvas de Diptera, os dois grupos com maior atividade, em conjunto, foram responsáveis por 38,15% e 54,37% do total da densidade da fauna edáfica, respectivamente, em FF 1 e FF 2 (Tabela 6), mesmo com o emprego de um método não adequado para estimativas de suas densidades (CORREIA, 1994), demonstrando sua expressiva participação.

Em uma área de Restinga, no município de Carapebús, no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro, ALVES et al. (1999) verificaram que Coleoptera, Formicidae, Hymenoptera (não Formicidae), Homoptera (subordem que pertence à ordem Heteroptera), a qual abrange cigarras, cigarrinhas, pulgões) e Heteroptera foram os grupos dominantes. Estes dados, somados aos obtidos pelo presente estudo, por OLIVEIRA (1997) e MARTINHO et al. (2004) evidenciam a

importante participação de formigas na comunidade da fauna do solo de restingas. Segundo FEITOSA & RIBEIRO (2005), as formigas são considerados os animais dominantes na maioria dos ecossistemas terrestres.

Tabela 5. Densidade dos grupos da fauna do solo em número de indivíduos.m⁻² (\pm erro padrão) encontrados no fragmento florestal (FF) 1, da Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006

GRUPO	FF 1		
	SERRAPILHEIRA (ind.m ⁻²)	SOLO (ind.m ⁻²)	TOTAL (ind.m ⁻²)
LARVAS DE DIPTERA	70 \pm 22	205 \pm 89	275 \pm 102
FORMICIDAE	192 \pm 109	74 \pm 66	266 \pm 165
ISOPTERA	160 \pm 121	3 \pm 3	163 \pm 121
COLEOPTERA	42 \pm 17	122 \pm 29	163 \pm 40
DIPTERA	80 \pm 17	58 \pm 46	138 \pm 55
COLLEMBOLA	128 \pm 81	10 \pm 6	138 \pm 79
LARVAS DE COLEOPTERA	86 \pm 30	38 \pm 23	125 \pm 46
HETEROPTERA	22 \pm 10	29 \pm 16	51 \pm 16
THYSANOPTERA	13 \pm 9	16 \pm 16	29 \pm 16
HOMOPTERA	6 \pm 4	16 \pm 12	22 \pm 11
HYMENOPTERA	3 \pm 3	13 \pm 13	16 \pm 12
PSEUDOSCORPIONIDA	13 \pm 9	-	13 \pm 9
ARANEAE	-	6 \pm 6	6 \pm 6
LARVAS DE LEPIDOPTERA	3 \pm 3	-	3 \pm 3
OLIGOCHETA	-	-	3 \pm 3
SYMPHYLA	3 \pm 3	-	3 \pm 3
CHILOPODA	-	3 \pm 3	3 \pm 3
BLATTODEA	-	-	-
DIPLOPODA	-	-	-
ENCHYTRAEIDAE	-	-	-
ISOPODA	-	-	-
LEPIDOPTERA	-	-	-
ORTHOPTERA	-	-	-
PSOCOPTERA	-	-	-
TRICHOPTERA	-	-	-
TOTAL	826 \pm 442	592 \pm 329	1.418 \pm 691

Formicidae foi o grupo mais abundantemente encontrado por SILVA (1998) em duas áreas sob manejo diferente na Ilha Grande, RJ: uma floresta secundária e uma roça caiçara, nas quais representou 35,1% e 24,6% do total de indivíduos, respectivamente. O mesmo ocorreu com relação ao estudo de CORREIA (1994) sobre a comunidade de macroartrópodos edáficos em um ecossistema de Mata Atlântica de tabuleiros em Linhares, ES, no qual os efetivos de Formicidae constituíram 54% da comunidade de artrópodes.

As larvas de Diptera têm importância na decomposição de matéria orgânica, mas os adultos são considerados organismos não edáficos e sem funcionalidade conhecida (CORREIA,

1994; SILVA, 1998). No presente estudo, o qual foi realizado na primavera, o contingente de larvas de Diptera foi bem superior ao de adultos desta ordem.

Tabela 6. Densidade dos grupos da fauna do solo em número de indivíduos.m⁻² (± erro padrão) encontrados no fragmento florestal (FF) 2, da Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006

GRUPO	FF 2		
	SERRAPILHEIRA (ind.m ⁻²)	SOLO (ind.m ⁻²)	TOTAL (ind.m ⁻²)
LARVAS DE DIPTERA	202 ± 105	99 ± 63	301 ± 125
FORMICIDAE	339 ± 94	618 ± 312	957 ± 396
ISOPTERA	16 ± 9	-	16 ± 9
COLEOPTERA	86 ± 15	147 ± 97	234 ± 103
DIPTERA	141 ± 36	35 ± 6	176 ± 36
COLLEMBOLA	163 ± 79	3 ± 3	166 ± 81
LARVAS DE COLEOPTERA	144 ± 49	22 ± 12	166 ± 44
HETEROPTERA	38 ± 27	6 ± 4	45 ± 25
THYSANOPTERA	45 ± 30	10 ± 4	54 ± 31
HOMOPTERA	42 ± 15	16 ± 5	58 ± 15
HYMENOPTERA	6 ± 4	-	6 ± 4
PSEUDOSCORPIONIDA	16 ± 12	3 ± 3	19 ± 16
ARANEAE	13 ± 6	3 ± 3	16 ± 7
LARVAS DE LEPIDOPTERA	3 ± 3	-	3 ± 3
OLIGOCHETA	10 ± 6	-	10 ± 6
SYMPHYLA	-	-	-
CHILOPODA	3 ± 3	-	3 ± 3
BLATTODEA	10 ± 6	-	10 ± 6
DIPLOPODA	10 ± 6	6 ± 6	16 ± 7
ENCHYTRAEIDAE	10 ± 10	-	10 ± 10
ISOPODA	10 ± 6	10 ± 10	19 ± 9
LEPIDOPTERA	10 ± 6	-	3 ± 3
ORTHOPTERA	3 ± 3	-	3 ± 3
PSOCOPTERA	3 ± 3	-	3 ± 3
TRICHOPTERA	10 ± 6	3 ± 3	13 ± 6
TOTAL	1.331 ± 541	982 ± 532	2.314 ± 956

Não foram encontrados em FF 1 indivíduos dos seguintes grupos: Psocoptera (piolhos-dos-livros), Orthoptera (gafanhotos, grilos, esperanças, paquinhas e taquarinhas), Enchytraeidae, Blattodea (baratas), Isopoda (isópodos), Trichoptera (tricópteros ou friganeídeos), Lepidoptera (mariposas e borboletas) e Diplopoda (piolho de cobra, gongolo, grongoró e embuá) (Tabela 5), enquanto que Symphyla (sínfilo) esteve ausente em FF 2 (Tabela 6).

No trabalho de MARTINHO et al. (2004), Isopoda foi o grupo ausente, enquanto no trabalho de OLIVEIRA (1997), este fato foi observado no caso de Oligocheta, Enchytraeidae e Diptera, além de Diplura.

Na Restinga da Marambaia percebeu-se a ocorrência de grupos que normalmente só são verificados em ambientes cujo ecossistema não apresenta degradação: Pseudoscorpionida (em

ambos os fragmentos) e Symphyla (em FF 1). Estes dois grupos também foram detectados na Restinga da Marambaia por MARTINHO et al. (2004).

No entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP), Pseudoscorpionida e Symphyla foram encontrados apenas em floresta secundária e em plantio de banana com 25 anos, indicando que estas áreas apresentaram um menor grau de degradação (SILVA et al., 2004).

Pseudoscorpionida e Symphyla estiveram entre os grupos com densidades mais importantes em uma Mata Atlântica de tabuleiros no ES, ficando apenas atrás dos insetos sociais (Isoptera e Formicidae) (CORREIA, 1994).

SILVA (1998), avaliando o impacto da roça caíçara sobre a comunidade da fauna do solo comparado com uma floresta secundária na Ilha Grande, RJ, percebeu que Symphyla somente ocorreu na floresta secundária, podendo, praticamente, o mesmo ser dito no caso de Pseudoscorpionida.

Pseudoscorpionida foi encontrado na Restinga de Maricá, na qual foi o segundo grupo mais representativo da fração Outros, atrás apenas de Homoptera (OLIVEIRA, 1997), e apenas na área preservada da Restinga de Jurubatiba, RJ, em comparação com uma área de restinga degradada (SILVA & CORREIA, 2000).

MOÇO et al. (2005), em seu estudo de caracterização da distribuição vertical da fauna edáfica em duas épocas do ano (verão e inverno) e em cinco diferentes coberturas vegetais do Norte Fluminense (povoamento de eucalipto, floresta natural não preservada, floresta natural preservada, capoeira em regeneração e pasto), observaram que o grupo de pseudoescorpiões somente foi encontrado na serrapilheira e no solo sob eucalipto e floresta preservada. Assim, informações a respeito da estrutura da comunidade de fauna edáfica são valiosas para o monitoramento do grau de degradação e de regeneração de ecossistemas.

DUARTE (2004) percebeu que o efeito da progressiva redução do tamanho dos fragmentos de mata com araucária no sul do Brasil foi drástico sobre o grupo dos pseudoescorpiões, que praticamente desapareceu, enquanto outros grupos também sofreram esta influência, como os ácaros oribatídeos, coleópteros e aranhas, que experimentaram acentuada redução na abundância. Entretanto, no caso de Symphyla, este autor encontrou dados que destoam de SILVA et al. (2004), SILVA (1998) e SILVA & CORREIA (2000), pois este grupo, assim como Paupoda e os ácaros opídeos, principalmente a espécie *Micropia cf. minus*, apresentaram alta dominância nos fragmentos menores e mais alterados, os quais poderiam ser considerados grupos mais tolerantes aos efeitos do pastoreio e da fragmentação, que alteram a estrutura da vegetação e a quantidade de serrapilheira.

Os dados acima discutidos reforçam a hipótese de que as comunidades da fauna edáfica, como um todo, podem ser empregadas como eficientes indicadores da qualidade do solo dos ecossistemas submetidos a diferentes graus de perturbação.

O somatório da densidade dos seis grupos mais abundantes nos FFs foi equivalente a 80,61% e a 86,43% da densidade total de FF 1 e FF 2, respectivamente. Dentre os seis grupos que apresentaram maior atividade na Restinga da Marambaia, cinco (larvas de Diptera, Formicidae, Coleoptera, Diptera e Collembola) o foram em ambos os FFs. O somatório da densidade destes grupos comuns aos FFs foi bem maior em FF 2 (2.000 indivíduos.m⁻²) do que em FF 1 (1.143 indivíduos.m⁻²), chegando a ser quase o dobro em FF 2 (1,75 vezes superior).

Não foi percebida nenhuma diferença estatística significativa com relação ao número total de elementos da fauna do solo para todas as comparações realizadas, ou seja, para as serrapilheiras (SE), os solos (SO) e os totais dos dois FFs, bem como para a comparação serrapilheira x solo, em cada um dos FFs (Tabela 7).

Tabela 7. Números totais de elementos da fauna do solo nos compartimentos serrapilheira (SE) e solo (SO) dos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006¹

COMPARTIMENTO	FF 1	FF 2
	IND.m⁻² ± ERRO-PADRÃO	
SE	4.128 aA	6.656 aA
SO	2.960 aA	4.912 aA
TOTAL	7.088 a	11.568 a

¹Valores médios de cinco repetições. Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de Mann-Whitney ($\alpha < 0,05$).

A Figura 8 ilustra o percentual de participação dos seis grupos da fauna do solo mais ativos, em função de sua ocorrência nos compartimentos serrapilheira e solo de ambos os FF; todos os demais encontrados, cuja participação foi reduzida, foram agrupados sob a denominação Outros (OU).

Quanto à distribuição vertical da atividade das formigas, notou-se que esta foi maior na serrapilheira (192 indivíduos.m⁻²; 24%) do que no solo (74 indivíduos.m⁻²; 13%) em FF 1; já em FF 2, este comportamento que se inverteu, pois sua atividade no solo foi maior (618 indivíduos.m⁻²; 62%) do que na serrapilheira (339 indivíduos.m⁻²; 26%). No caso das larvas de Diptera, observou-se exatamente o oposto do que ocorreu com as formigas: enquanto sua atividade em FF 1 foi maior no solo (275 indivíduos.m⁻²; 34%) do que na serrapilheira (70 indivíduos.m⁻²; 8%), em FF 2 ela foi superior na serrapilheira (202 indivíduos.m⁻²; 15%), em relação ao solo (99 indivíduos.m⁻²; 10%) (Figura 6).

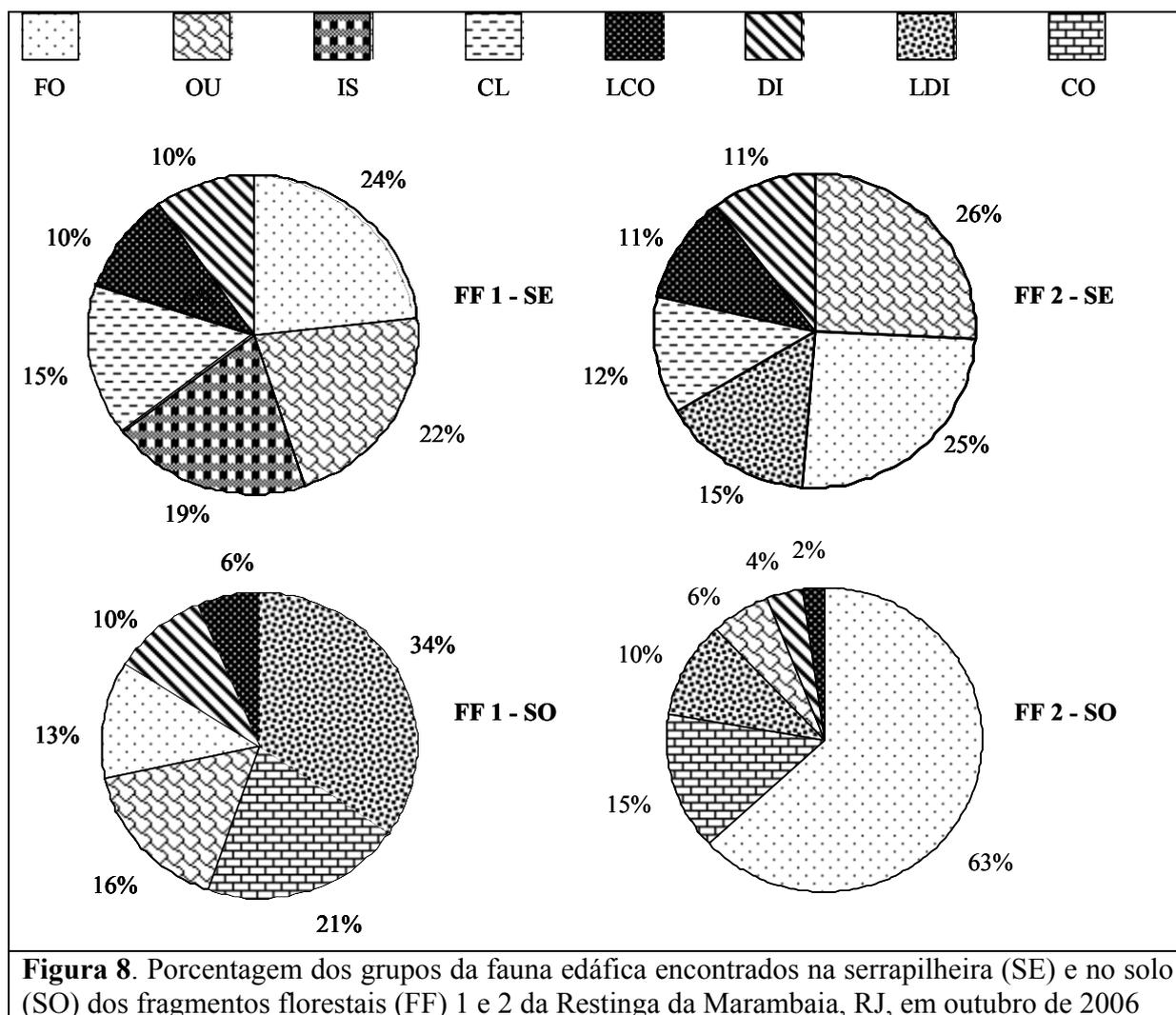
Os elevados percentuais de atividade das larvas e de adultos de Diptera encontrados sugerem que os FFs estudados da Restinga da Marambaia são locais importantes para a reprodução desta ordem.

Quanto aos grupos abrangidos pela denominação Outros, aqueles que apresentaram maior percentual de atividade foram: Coleoptera e Heteroptera, na serrapilheira de FF 1 (respectivamente, 5% e 3%); Thysanoptera e Homoptera, no solo de FF 1 (respectivamente, 3% e 3%); Thysanoptera e Homoptera, na serrapilheira de FF 2 (respectivamente, 3% e 3%); e Thysanoptera e Isopoda, no solo de FF 2 (respectivamente, 1% e 1%).

De um total de vinte e cinco grupos encontrados nas áreas estudadas da Restinga da Marambaia, observou-se que a maior parte dos grupos (17) ocorreram tanto na serrapilheira quanto no solo, enquanto os demais (8) apresentaram preferência pelo compartimento serrapilheira. Entre estes figuraram larvas e adultos de Lepidoptera, Blattodea, Enchytraeidae, Oligochtea, Orthoptera e Psocoptera. Não verificou-se a ocorrência de grupos que se restringiram apenas ao compartimento solo (Tabela 8).

Com respeito à riqueza total de grupos da fauna do solo, houve diferença significativa apenas para a comparação entre as serrapilheiras das duas áreas, pois este compartimento apresentou-se mais rico em FF 2 (25 grupos) do que FF 1 (16 grupos) (Tabela 9). Acredita-se que estes resultados possam ter ocorrido em virtude de diferenças significativas entre as áreas estudadas com relação à temperatura e umidade do solo (Tabela 10), que foram superiores em FF 2. Estas condições podem ter influenciado tanto a atividade de um maior número de grupos da fauna do solo quanto a velocidade de decomposição da matéria orgânica, que possivelmente é mais lenta em FF 2 devido ao maior hidromorfismo, promovendo um maior acúmulo de matéria

orgânica no solo neste fragmento e, portanto, favorecendo a alimentação. Além disto, possíveis diferenças com relação à diversidade da serrapilheira podem ter contribuído para a variação entre as áreas quanto à formação de nichos, uma vez que há estreita relação entre o material de serrapilheira aportado ao solo e a comunidade de artrópodos edáficos (CORREIA & ANDRADE, 1999), uma vez que o conjunto destes fatores acaba por influenciar a estrutura da comunidade da fauna do solo.



Existe uma variação temporal na estrutura da comunidade de invertebrados do solo, gerada pela diversidade da cobertura vegetal e pelo estado de decomposição dos resíduos vegetais (GARAY, 1989). A diversidade da serrapilheira supõe não só a qualidade, como também a quantidade de material aportado ao solo.

Segundo OLIVEIRA (1997), no ecossistema de restinga há uma ligação direta da fauna do solo com a cobertura vegetal e as características do solo.

De posse dos dados a respeito do aporte de serrapilheira nas áreas estudadas (Tabela 3), pode-se verificar uma maior quantidade de serrapilheira entre os meses de janeiro e fevereiro de 2006, meses nos quais a precipitação média foi a mais elevada. Este período de maior aporte foi

responsável por 29,6% e 25,9% de toda a serrapilheira, respectivamente, em FF 1 e FF 2. Por outro lado, em um dos momentos mais secos do período analisado, junho de 2006, notou-se a menor quantidade de serrapilheira. Estes valores refletem uma certa semelhança entre as áreas investigadas quanto à quantidade da serrapilheira aportada ao solo e, portanto, descartou-se a hipótese de que a diferença entre os FFs quanto à riqueza dos grupos da fauna do solo teria sido consequência de diferenças entre as áreas quanto à quantidade de serrapilheira.

Tabela 8. Ocorrência / preferência dos grupos de fauna do solo nos compartimentos serrapilheira (SE) e solo (SO) dos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006

GRUPO	FF 1		FF 2	
	SE	SO	SE	SO
COLEOPTERA	X	X	X	X
DIPTERA	X	X	X	X
FORMICIDAE	X	X	X	X
HETEROPTERA	X	X	X	X
HYMENOPTERA	X	X	X	-
LARVAS DE COLEOPTERA	X	X	X	X
LARVAS DE DIPTERA	X	X	X	X
LARVAS DE LEPIDOPTERA	X	-	X	-
HOMOPTERA	X	X	X	X
THYSANOPTERA	X	X	X	X
COLLEMBOLA	X	X	X	X
LEPIDOPTERA	-	-	X	-
TRICHOPTERA	-	-	X	X
ARANEAE	-	X	X	X
CHILOPODA	-	X	X	-
PSEUDOSCORPIONIDA	X	-	X	X
BLATTODEA	-	-	X	-
DIPLOPODA	-	-	X	X
ENCHYTRAEIDAE	-	-	X	-
ISOPODA	-	-	X	X
ISOPTERA	X	X	X	-
OLIGOCHETA	X	-	X	-
ORTHOPTERA	-	-	X	-
PSOCOPTERA	-	-	X	-
SYMPHYLA	X	-	-	-

Também foi descartada a hipótese de que esta diferença tivesse sido fruto da diversidade florística entre as áreas, pois, após análise dos dados contidos nas Tabelas 1 e 2, percebeu-se a seguinte situação: dezenove famílias foram comuns a ambos os fragmentos, tendo ocorrido o mesmo para vinte e três gêneros e vinte e quatro espécies; em ambos os FFs, Myrtaceae foi a família botânica com maior riqueza de espécies e maior número de indivíduos; quatro das cinco espécies com maior índice de valor de importância (IVI) foram comuns a ambas as áreas. O IVI, de acordo com VUONO (2002), representa em que grau a espécie se encontra bem estabelecida na comunidade, refletindo a densidade, a frequência e a dominância da espécie. Quanto às

possíveis “diferenças” entre os FFs, as famílias Nyctaginaceae (uma espécie, com um indivíduo) e Ochnaceae (uma espécie, com um indivíduo) ocorreram apenas em FF 1, enquanto Meliaceae (uma espécie, com seis indivíduos), apenas em FF 2. Das vinte e duas espécies não comuns, onze contaram com apenas um elemento, cada uma; quatro espécies, com dois elementos, cada; três espécies, com três indivíduos, cada; uma espécie, com cinco indivíduos; duas espécies, com seis indivíduos, cada; e uma espécie, com quatorze indivíduos. Então, no universo amostrado, pode-se verificar que estas diferenças não foram marcantes e podem ter se diluído, o que já era, de certa forma, esperado porque ambos os fragmentos estão sujeitos à inundação ao longo do ano, embora em graus diferenciados; portanto, as espécies vegetais presentes seriam, pelo menos em grande parte, as mesmas, as quais teriam de estar adaptadas a esta condição de saturação do solo. Daí se concluiu que também não houve diferenças marcantes entre as áreas quanto à qualidade da cobertura vegetal; então, devido à semelhança entre os FFs no tocante à cobertura vegetal, concluiu-se que outras variáveis ambientais estariam envolvidas na determinação das sutis diferenças na estrutura da comunidade da fauna do solo observadas entre as áreas estudadas, como, por exemplo, a temperatura e o grau de umidade do solo, como já citado anteriormente.

Tabela 9 – Distribuição da riqueza de grupos de fauna do solo nos compartimentos serrapilheira (SE) e solo (SO) nos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006¹

COMPARTIMENTO	FF 1	FF 2
	(riqueza de grupos)	
SE	16 b	25 a
SO	13 a	15 a
TOTAL	18 a	26 a

¹Valores médios de cinco repetições. Médias seguidas de letras distintas na linha, diferem pelo teste de Mann-Whitney ($\alpha < 0,05$).

Tabela 10 – Teor de umidade e temperatura do solo nos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006¹

FF	Ug (%)	TEMP (°C)
1	35,0b	21,7b
2	53,6a	22,7a

¹Valores médios de cinco repetições. Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem pelo teste de Mann-Whitney ($\alpha < 0,05$).

LIMA & CORREIA (2000) compararam a comunidade da fauna do solo entre três áreas: duas florestas secundárias de Mata Atlântica, sendo uma com 45 e a outra com 15 anos de regeneração, e um pasto adjacente, no Estado do Rio de Janeiro. Houve diferenças apenas entre os sistemas mais extremos – floresta e pasto. As áreas de floresta, as quais apresentaram os maiores valores de riqueza, diversidade e equitabilidade dos grupos, não diferiram entre si. Isto ocorreu, segundo os autores, porque não houve diferença na diversidade da cobertura vegetal entre as duas áreas e porque a amostragem foi realizada no final do período seco, quando as populações da fauna do solo estão mais baixas, o que teria mascarado as possíveis diferenças entre ambas.

Tanto em FF 1 quanto em FF 2, a diversidade de grupos da fauna do solo foi superior no compartimento serrapilheira. Ao se contrastar os fragmentos, observou-se que, apesar de FF 2 ter contado com uma maior riqueza total de grupos (24) do que FF 1 (15), este último é que apresentou os maiores valores do índice de Shannon para o solo (1,95) e para o total (serrapilheira + solo) verificado neste fragmento (2,23), em comparação com FF 2 (respectivamente, 1,31 e 2,05). Isto ocorreu em função da baixa equabilidade dos grupos da fauna do solo em FF 2, reflexo da dominância de formigas nesta área (Tabela 11a).

Quanto aos compartimentos serrapilheira e solo, dentro de um mesmo FF, observou-se que os valores do índice de Shannon foram superiores, em ambos os FFs, no compartimento serrapilheira (Tabela 11a). Este comportamento pode ter sido decorrente da maior oferta alimentar na serrapilheira, que proporcionou a sobrevivência e o desenvolvimento dos organismos (MARTINHO et al., 2004).

Tabela 11 – Relação da riqueza, diversidade e equabilidade dos grupos da fauna do solo nos compartimentos serrapilheira e solo e no total dos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006, com (11a) e sem Formicidae (11b)

COM FORMICIDAE				
FF	COMPARTIMENTO	RIQUEZA TOTAL	SHANNON	EQÜABILIDADE
1	SE	15	2,12	0,78
	SO	13	1,95	0,76
	TOTAL	17	2,23	0,79
FF	COMPARTIMENTO	RIQUEZA TOTAL	SHANNON	EQÜABILIDADE
2	SE	24	2,31	0,73
	SO	14	1,31	0,50
	TOTAL	24	2,05	0,64

(11a)

SEM FORMICIDAE				
FF	COMPARTIMENTO	RIQUEZA TOTAL	SHANNON	EQÜABILIDADE
1	SE	14	2,06	0,78
	SO	12	1,80	0,72
	TOTAL	16	2,15	0,78
FF	COMPARTIMENTO	RIQUEZA TOTAL	SHANNON	EQÜABILIDADE
2	SE	23	2,34	0,75
	SO	13	1,75	0,68
	TOTAL	23	2,34	0,75

(11b)

A diversidade está associada a uma relação entre o número de espécies ou grupos (riqueza) e a distribuição ou repartição do número de indivíduos entre as espécies ou grupos (equabilidade ou uniformidade). Então, quanto maior for o número de espécies em uma área e quanto mais abundante for cada uma delas, maior é a diversidade (ASSAD, 1997). Se o valor da equabilidade for baixo, significa que maior é o predomínio de um ou de poucos grupos, ou seja, menor é a “igualdade” dos grupos em quantidade de indivíduos e menos igualitária ou

equilibrada é a comunidade. Assim sendo, a alta densidade de formigas em FF 2 contribuiu para a redução da diversidade da fauna em FF 2. Com o intuito de se comparar tais dados com e sem o grupo das formigas, procedeu-se ao cálculo do índice de Shannon e da equabilidade para os dois FFs, desconsiderando a ocorrência de Formicidae (Tabela 11b).

A Tabela 11b informa que, com a exclusão de formigas, tanto o valor da equabilidade quanto o da diversidade dos grupos da fauna do solo em FF 2 aumentou, principalmente no caso do solo e do total da fauna para este fragmento. O índice de Shannon para o total da fauna em FF 2 saltou de 2,05, com formigas, para 2,34, sem formigas, chegando mesmo a superar o valor da diversidade total em FF 1, tanto com quanto sem formigas (2,23 e 2,15, respectivamente). Assim, ficou claro que o grande contingente de formigas coletado em FF 2 mascarou o resultado encontrado para a diversidade em FF 2, influenciando um menor valor no índice de Shannon, em comparação com o observado para FF 1. Se isto não tivesse ocorrido, FF 2 teria uma maior diversidade, além de uma maior riqueza em grupos e uma maior densidade total de indivíduos da fauna do solo. Desta maneira, ratificou-se a grande influência da densidade de formigas em FF 2.

Com a exclusão de Formicidae, os valores de equabilidade entre as duas áreas tornaram-se bem mais próximos e, apesar de a riqueza de grupos em FF 2 ter sido superior, os valores acima descritos poderiam sugerir uma proximidade entre as duas áreas com relação à diversidade, o que não ocorreu na realidade devido ao elevado contingente de formigas em FF 2.

Pelo menos aparentemente, as formigas se constituem nos animais dominantes em diversas comunidades bióticas, especialmente nas florestas, aqui estando incluídas as restingas, em função do elevado número de espécies e da numerosa população que sai de cada ninho em busca vigorosa por alimento (GONÇALVES & NUNES, 1984).

Uma possível diferença na diversidade da serrapilheira entre as áreas estudadas e diferenças significativas observadas entre elas quanto às condições edáficas são capazes de afetar a mineralização da matéria orgânica e, deste modo, influenciar os valores diferentes de riqueza total, diversidade e equabilidade entre os FF 1 e FF 2 da Restinga da Marambaia.

Os FFs estudados demonstraram um equilíbrio e bom funcionamento do ecossistema da Restinga da Marambaia, pois foram encontrados grupos que costumam se restringir a apenas áreas livres de perturbação, além do fato de que a diversidade e a riqueza da fauna edáfica nas áreas demonstrou haver uma complexidade estrutural desta comunidade. A semelhança dos FFs quanto à qualidade do solo foi atestada pela ausência de diferenças significativas entre eles quanto ao número total de elementos da fauna do solo coletados e quanto ao número de grupos observados. Houve uma certa diferença entre os fragmentos quanto à diversidade, fruto da menor equabilidade dos grupos da fauna do solo em FF 2, o que ocorreu em função da elevada atividade de formigas neste sítio. Acredita-se que este fato tenha sido um reflexo mais das condições edáficas (saturação e temperatura do solo), já que não se considerou haver grandes diferenças entre as áreas quanto à qualidade e quantidade da serrapilheira.

Devido aos poucos trabalhos de caracterização da comunidade da fauna edáfica realizados em ambientes de Restinga, houve uma dificuldade de comparação dos dados desta pesquisa com os de outros autores. Seria interessante a realização de estudos que permitissem a comparação dos resultados obtidos neste trabalho com os de outras fisionomias vegetais dentro da própria Restinga da Marambaia, verificando a variabilidade da ocorrência dos diversos grupos de organismos em função tanto das condições edáficas quanto da cobertura vegetal diferenciadas. Um outro tópico relevante se refere ao levantamento comparativo entre a fauna edáfica das Restingas e o de outras formações vegetais, a fim de que se testasse o padrão geral estabelecido para as comunidades vegetais e de vertebrados, o qual apregoa que tais comunidades são uma extensão da distribuição generalizada de espécies que ocorrem em outros ecossistemas, como:

Mata Atlântica, Floresta Amazônica, Caatinga e Cerrado, como foi verificado por VASCONCELLOS et al. (2005) no caso de cupins.

5. CONCLUSÕES

Com relação à fauna do solo, os fragmentos florestais da Restinga da Marambaia diferiram entre si sob alguns aspectos: o fragmento 2, que se caracterizou pelo maior hidromorfismo, apresentou maior densidade de indivíduos e maior riqueza de grupos, enquanto o fragmento 1 apresentou a maior diversidade de grupos, a qual foi reflexo direto da maior eqüabilidade de grupos no fragmento 1, pois o elevado contingente de apenas um grupo no fragmento 2, no caso Formicidae, praticamente determinou este resultado.

O grupo da fauna mais abundante na Restinga, de uma maneira geral, foi Formicidae, seguido de Diptera, evidenciando a importância dos mesmos para o ecossistema estudado.

Não existiu uma preferência marcante dos grupos da fauna do solo em relação a um dos compartimentos estudados (solo/serrapilheira).

A fauna do solo pode ser considerada como um bom indicador da qualidade e saúde do solo e, conseqüentemente, do ecossistema, uma vez que foi notada a presença de grupos que só são percebidos em ambientes não perturbados, demonstrando o estado de equilíbrio e bom funcionamento do ecossistema da Restinga da Marambaia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, S. Sobre a legislação ambiental aplicável à restauração de florestas de preservação permanente e de reserva legal. In: **Restauração Florestal: Fundamentos e estudos de caso**. In: GALVÃO, A. P. M. & PORFÍRIO-DA-SILVA, V. (Eds.). Colombo: EMBRAPA Florestas, 2005. p. 13-26.
- ALBERTONI, E. F. & ESTEVES, F. A. Jurubatiba, uma restinga peculiar. **Ciência Hoje**, v. 25, n. 148, p.61-63, 1999.
- ALVES, G. C.; CORREIA, M. E. F.; SILVA, B. A. O.; VARANDA, E. M. Comunidades de fauna do solo associadas a diferentes espécies vegetais em um ecossistema de restinga. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Brasília, DF, 1999. **Resumos...** CD-ROM.
- ANDERSON, J. M. Inter- and intra-habitat relationships between Woodland Cryptostigmata species diversity and the diversity of soil and litter microhabitats. **Oecologia**, v. 32, p. 341-348, 1978.
- ANDRÉ, H. M.; DUCARME, X.; LEBRUN, P. Soil biodiversity: myth, reality or conning? **Oikos**, Copenhagen, v. 96, p. 3-24, 2002.
- AQUINO, A. M. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do Agroecossistema. In: AQUINO, A. M. & ASSIS, R. L. (editores técnicos). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. 368p.
- AQUINO, A. M.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JUNIOR, O.; RUMJANEK, N.; DE-POLLI, H.; REIS, V. M. A biota do solo e processos relevantes num novo contexto da agricultura. In: WADT, P. G. S. (editor técnico). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2005. 635p.
- AQUINO, A. M. Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo. In: V REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, FERTBIO, Lages, SC, 2004. Palestras... CD-ROM.
- ARAÚJO, D. S. D. **Análise florística e fitogeográfica das Restingas do Estado do Rio de Janeiro**. 2000. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- ARAÚJO, D. S. D. & HENRIQUES, R. P. B. Análise florística das restingas do Estado do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.). **Restingas: origem, estrutura, processos**. Niterói, RJ: CEUFF, 1984. p. 159-193.
- ARAÚJO, D. S. D. & LACERDA, L. D. A natureza das Restingas. **Ciência Hoje**, v. 6, n. 33, p. 42-48, 1987.
- ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T. & HUNGRIA, M. (Org.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 363-443.
- ASSIS, A. M.; THOMAZ, L. D.; PEREIRA, O. J. Florística de um trecho de restinga no município de Guarapari, Espírito Santo, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 1, p. 191-201, 2004.
- ASSUMPÇÃO, J. & NASCIMENTO, M. T. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar de Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 14, n. 3, p. 301-315, 2000.
- BADEJO, M. A. & OLA-ADAMS, B. A. Abundance and diversity of soil mites of fragmented habitats in a biosphere reserve in southern Nigeria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2.121-2.128, 2000.

BARETTA, D.; MAFRA, A. L.; SANTOS, J. C. P.; AMARANTE, C. V. T.; BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1.675-1.679, 2006.

BEARE, M. H.; COLEMAN, D. C.; CROSSLEY JR., D. A.; HENDRIX, P. F.; ODUM, E. P. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. **Plant and Soil**, v. 170, p. 5-22, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. **Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal**: Contribuição à carta de solos do Brasil. Rio de Janeiro, 1958. 350p. (CNEPA-SNPA). Boletim, nº 11.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Código Florestal. Brasília, DF: Senado Federal, 1965.

BRASIL. Resolução nº 261, de 30 de junho de 1999. Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 1999.

BUENO. **Náufragos, traficantes e degradados**. As primeiras expedições ao Brasil. Rio de Janeiro: Ed. Objetiva, 1999. 200p.

CALVI, G. P.; ESPÍNDULA JÚNIOR, A.; PEREIRA, M. G. Composição da fauna edáfica em duas áreas de Floresta Atlântica no município de Santa Maria de Jetibá, ES. V REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, FERTBIO, Lages, SC, 2004. **Resumos...** CD-ROM.

CAPOBIANCO, J. P. R. Mata Atlântica: Conceito, abrangência e área original. In: SCHÄFFER, W. B. & PROCHNOW, M. (Orgs.). **A Mata Atlântica e você**: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira. Brasília: APREMAVI, 2002. p. 111-123.

CORDEIRO, S. Z. Composição e distribuição da vegetação herbácea em três áreas com fisionomias distintas na Praia do Perú, Cabo Frio, RJ, Brasil **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 679-693, 2005.

CORREIA, M. E. F. **Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexo sobre estabilidade dos ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (EMBRAPA-CNPAB), 2002. 33p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos 156).

CORREIA, M. E. F. **Organização da comunidade de macroartrópodos edáficos em um ecossistema de Mata Atlântica de tabuleiros, Linhares (ES)**. Dissertação. 1994. 92p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 1994.

CORREIA, M. E. F. & ANDRADE, A. G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O. (editores). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 197-225.

CORREIA, M. E. F. & OLIVEIRA, L. C. M. Inportância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. In: AQUINO, A. M. & ASSIS, R. L. (editores técnicos). **Processos biológicos no sistema solo-planta**: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. 368p.

CORREIA, M. E. F. & OLIVEIRA, L. C. M. **Fauna de solo**: aspectos gerais e metodológicos. Seropédica: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (EMBRAPA-CNPAB), 2000. 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documento nº. 112).

CORREIA, M. E. F.; REIS, L. L.; CAMPELLO, E. F. C.; RODRIGUES, K. M.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A. Fauna edáfica como indicadora da recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Porto Trombetas (PA). In: VI SIMPÓSIO NACIONAL E

CONGRESSO LATINO-AMERICANO (SOBRE) RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba, PR, 2005. **Anais...** p. 13-23.

DIAS, H. M. **Estrutura do estrato lenhoso de uma comunidade arbustiva fechada sobre cordão arenoso na Restinga da Marambaia, RJ.** 2005. 33f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Escola Nacional de Botânica Tropical, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2005.

DIEHL, E.; SACCHETT, F.; ALBUQUERQUE, E. Z. Riqueza de formigas de solo na praia da Pedreira, Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, n. 4, p. 552-556, 2005.

DORAN, J. W. & ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15, p. 3-11, 2000.

DUARTE, M. M. Abundância de microartrópodes do solo em fragmentos de mata com araucária no sul do Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 94, n. 2, p. 163-169, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisas em solos. **Manual de métodos de análise de solos.** Rio de Janeiro, RJ, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - EMBRAPA/SNLCS. **Levantamento semi-detalhado e aptidão agrícola dos solos do município do Rio de Janeiro, RJ.** Rio de Janeiro, 1980. 389 p. (Boletim Técnico, nº 66).

FABER, J. H. Functional classification of soil fauna: a new approach. **Oikos**, v. 62, n. 1, p.110-117, 1991.

FEITOSA, R. S. M. & RIBEIRO, A. S. Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) de serapilheira de uma área de Floresta Atlântica no Parque Estadual da Cantareira – São Paulo, Brasil. **Biotemas**, v. 18, n. 2, p. 51-71, 2005.

FERNANDES, L. H. & MENDONÇA, M. C. Collembola Poduromorpha do litoral de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 1, p. 15-25, 2004.

GARAY, I. **Relations entre l'hétérogénéité des litières et l'organisation des peuplements d'arthropodes édaphiques.** Paris: École Normale Supérieure, 1989. (Publications du Laboratoire de Zoologie, n. 35).

GILLER, P. The diversity of soil communities, the “poor man’s tropical rainforest”. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 5, p. 135-168, 1996.

GIRACCA, E. M. N.; ANTONIOLLI, Z.; ELTEZ, F. L. F.; BENEDETTI, E.; LASTA, E.; VENTURINI, S. F.; VENTURINI, E. F.; BENEDETTI, T. Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, Agudo/RS. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 9, n. 3, p. 257-261, 2003.

GOMES, J. B. V.; BARRETO, A. C.; MICHEREFF FILHO, M.; VIDAL, W. C. L.; COSTA, J. L. S.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; GARCIA, C. A. B.; NASCIMENTO, I. C.; VIANA, R. D.; ANDRADE, L. G.; BARROS, A. C. Relações entre atributos bióticos e abióticos de sítios de restinga sob diferentes coberturas vegetais. In: II SEMINÁRIO DE PESQUISA FAP, Sergipe, Aracaju, 2004.

GONÇALVES, C. R. & NUNES, A. M. Formigas das praias e restingas do Brasil. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.). **Restingas: origem, estrutura, processos.** Niterói, RJ: CEUFF, 1984. p. 373-378.

GONZÁLEZ, G.; LEY, R. E.; SCHMIDT, S. K.; ZOU, X.; SEASTEDT, S. K. Soil ecological interactions: comparisons between tropical and subalpine forests. **Oecologia**, v. 128, p. 549-556, 2001.

- GUEDES, D.; BARBOSA, L. M.; MARTINS, S. E. Composição florística e estrutura fitossociológica de dois fragmentos de floresta de restinga no Município de Bertiooga, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 2, p. 299-311, 2006.
- GUILAROV, M. S. Soil stratum of terrestrial biocenoses. **Pedobiologia**, v. 8, p. 82-96, 1968.
- HAY, J. D. & LACERDA, L. D. Ciclagem de nutrientes do ecossistema de Restinga. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.) **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 459-475.
- HOLLOWAY, J. D. & STORK, N. D. The dimensions of biodiversity: the use of invertebrates as indicators of human impact. In: HAWKSWORTH, D.L., (Ed.). **The biodiversity of microorganisms and invertebrates: it's role in sustainable agriculture**. Wallingford Oxon, OX10 8DE, 1991. p. 37-63.
- HUHTA, V.; PERSSON, T.; SETÄLÄ. Functional implications of soil diversity in boreal forests. **Applied Soil Ecology**, v. 10, p. 277-288, 1998.
- JOHN, T. V. ST.; COLEMAN, D. C.; REID, C. P. P. Growth and spatial distribution of nutrient-absorbing organs: selective exploitation of soil heterogeneity. **Plant and Soil**, v. 71, n. 1-3, p. 487-493, 1983.
- JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v. 69, p. 373-386, 1994.
- LACERDA, L. D. & STEVES, F. A. Restingas brasileiras: quinze anos de estudos. In: STEVES, F. A. & LACERDA, L. D. (Eds.). **Ecologia de Restingas e lagoas costeiras**. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2000. 394p.
- LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determinate ecosystem function. **Advances in Ecological Research**, v. 27, p. 93-132, 1997.
- LAVELLE, P.; LATTAUD, C.; TRIGO, D.; BAROIS, I. Mutualism and diversity in soils. **Plant and Soil**, v. 170, p.23-33, 1995.
- LEITÃO-LIMA, P. S. & TEIXEIRA, L. B. **Distribuição vertical e abundância da mesofauna do solo em capoeiras**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 4p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico nº. 63).
- LIMA, D. A. & CORREIA, M. E. F. Densidade e diversidade da fauna de solo em áreas de vegetação secundária de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro. In: XIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, Ilhéus, BA, 2000. **Resumos...** CD-ROM.
- MARTINHO, A. F.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, L. F. T.; FERNANDES, M. M.; DURÃES, E. M. Mesofauna edáfica em uma área de Floresta Atlântica na Restinga da Marambaia (RJ). In: XIV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRuralRJ, Seropédica, RJ, 2004. Anais... Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004. v. 14, n. 1, p. 52-54. Área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal.
- MATTOS, C. L. V. Caracterização climática da Restinga da Marambaia. In: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAÚJO, D. S. D. (Eds.). **História natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, RJ, 2005. p. 55-66.
- MENEZES, L. F. T. & ARAÚJO, D.S.D. Formações vegetais da restinga de Marambaia - RJ. In: MENEZES, L. F. T., PEIXOTO, A.L. & ARAÚJO, D.S.D. (Eds.). **História Natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR. 2005. p. 67-120.
- MENEZES, L. F. T. & ARAÚJO, D. S. D. Regeneração e riqueza da formação arbustiva de Palmae em uma cronosequência pós-fogo na Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 4, p. 771-780, 2004.

- MENEZES, L. F. T.; ARAÚJO, D. S. D.; GOES, M. H. B. Marambaia: a última restinga preservada. **Ciência Hoje**, v. 23, n. 136, p. 28-37, 1998.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. **Macrodiagnóstico da zona costeira brasileira**. Brasília, DF, 1996. 190p.
- MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. G.; 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.
- NETO, T. A. C.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; ANJOS, L. H. C. Deposição de serrapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 70-75, 2001.
- NÜSSLEIN, K.; TIEDJE, J. M. Soil bacterial community shift correlated with change from forest to pasture vegetation in a tropical soil. **Applied and Environmental Microbiology**, v.65, n.8, p.3622-3626, 1999.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434p.
- OLIVEIRA, L. C. M. **Caracterização da comunidade de macroartrópodos edáficos em uma mata de restinga, Maricá (RJ)**. Dissertação. 1997. 92p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 1997.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para o seu reconhecimento**. Jaboticabal: UNESP, 1992. 201p.
- PAMMENTER, N. W. Ecological and physiological aspects of plant communities of the sand dunes of the east coast of Southern Africa. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.). **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 425-440.
- PEIXOTO, A. L. Vegetação da Costa Atlântica. In: MONTEIRO, S. & KAZ, L. **Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Edições Alumbamento/Livroarte Editora, 1992. 188 p.
- PEREIRA, L. A.; XEREZ, R.; PEREIRA, A. M. C. Ilha da Marambaia (baía de Sepetiba, RJ): resumo fisiográfico, histórico e importância ecológica atual. **Ciência e Cultura**, v. 42, n. 5-6, p. 384-389, 1990.
- PEREIRA, M. C. A.; ARAÚJO, D. S. D.; PEREIRA, O. J. Estrutura de uma comunidade arbustiva da restinga de Barra de Maricá – RJ. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 3, p. 273-281, 2001.
- PEREIRA, M. C. A.; CORDEIRO, S. Z.; ARAÚJO, D. S. D. Estrutura do estrato herbáceo na formação aberta de *Clusia* do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 677-687, 2004.
- PEREIRA, M. P. S.; QUEIROZ, J. M.; VALCARCEL, R.; NUNES, A. J. M. Fauna de formigas no biomonitoramento de ambientes de área de empréstimo em reabilitação na Ilha da Madeira, RJ. In: VI SIMPÓSIO NACIONAL E CONGRESSO LATINO-AMERICANO (SOBRE) RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba, PR, 2005. **Anais...** p. 5-12.
- PERRY, D. A.; AMARANTHUS, M. P.; BORCHERS, J. G.; BORCHERS, S. L.; BRAINERD, R. E. Bootstrapping in ecosystems. **Bioscience**, v. 39, p. 230-237, 1989.
- PINTO, G. C. P.; BAUTISTA, H. P.; FERREIRA, J. D. C. A. A restinga do litoral nordeste do Estado da Bahia. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.). **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 195-216.
- POCHON, J.; TARDIEUX, P.; D'AGUILAR, J. Methodological problems in soil biology. In: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organizations (UNESCO). **Soil Biology: reviews of research**. Paris: UNESCO, 1969. 240p. (Natural Resources Research, 9).

- REICHLER, D. E. The role of soil invertebrates in nutrient cycling. **Soil organisms as componentes of ecosystems**, Stockholm, v. 25, p. 145-156, 1977.
- REIS, R. C. C. Palmeiras (Arecaceae) das Restingas do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 3, p. 501-512, 2006.
- RODRIGUES, E. N. L. Araneofauna de serrapilheira de duas áreas de uma mata de Restinga no município de Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biotemas**, v. 18, n. 1, p. 73-92, 2005.
- RONCARATI, H. & MENEZES, L. F. T. Marambaia, Rio de Janeiro: origem e evolução. In: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAÚJO, D. S. D. (Eds.). **História natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, RJ. 2005. p. 15-38.
- SÁ, C. F. C. Regeneração de um trecho de floresta de restinga na Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema, Estado do Rio de Janeiro: II – Estrato arbustivo. **Rodriguésia**, v. 53, n. 82, p. 5-23, 2002.
- SCARANO, F. R. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals of Botany**, v. 90, p. 517-524, 2002.
- SANTOS, M. G.; SYLVESTRE, L. S.; ARAÚJO, D. S. D. Análise florística das pteridófitas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 2, p. 271-280, 2004.
- SCHERER, A.; MARASCHIN-SILVA, F.; BAPTISTA, L. R. M. Florística e estrutura do componente arbóreo de matas de Restinga arenosa no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 717-726, 2005.
- SCHUTTE, M. S.; QUEIROZ, J. M.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; FERREIRA, S. V. Fauna de formigas de serrapilheira em Mata Atlântica de encosta da Ilha da Marambaia, RJ. In: XIV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRuralRJ, Seropédica, RJ, 2004. Anais... Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004. v. 14, n. 1, p. 273-276. Área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal.
- SETÄLÄ, H.; LAAKSO, J.; MIKOLA, J.; HUHTA, V. Functional diversity of decomposer organisms in relation to primary production. **Applied Soil Ecology**, v. 9, p.25-31, 1998.
- SILVA, M. S. C. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Paraty, RJ**. Dissertação. 2006. 54f. (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2006.
- SILVA, R. F. **Roça caiçara: dinâmica de nutrientes, propriedades físicas e fauna do solo em um ciclo de cultura**. 1998. (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 1998.
- SILVA, E. M. R. & CORREIA, M. E. F. Fungos micorrízicos arbusculares e fauna de solo no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. In: XIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, Ilhéus, BA, 2000. **Resumos...** CD-ROM.
- SILVA, C. F.; LOPES, C. E. P.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; CORREIA, M. E. F. Invertebrados do solo como indicadores da qualidade do solo em áreas de agricultura tradicional no entorno do Parque Estadual da serra do Mar em Ubatuba (SP). In: V REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, FERTBIO, Lages, SC, 2004. **Resumos...** CD-ROM.
- SILVA, A. G.; COSTA, M. S.; BISSOLI, N. S.; HELIODORO, N. M. Contribuição ao conhecimento da vegetação dos afloramentos rochosos da faixa litorânea de Vitória – Espírito Santo, RJ. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.) **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p.263-267.

- SILVA, A. G. S. & GALLO, M. B. C. Contribuição ao conhecimento das espécies de *Passiflora* Linn. das restingas do Estado do Espírito Santo. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.) **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p.233-240.
- SILVA, J. G. & SOMNER, G. V. A vegetação de restinga na Barra de Marica, RJ. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.) **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p.217-225.
- SOARES, J. J. Levantamento fitossociológico de uma faixa litorânea do Rio Grande do Sul, entre Tramandaí e Praia do Barco. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.) **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p.381-394.
- SOARES, M. I. J. & COSTA, E. C. Fauna do solo em áreas com *Eucalyptus* spp. e *Pinus elliottii*, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 29-43, 2001.
- SUGUIO, K. & TESSLER, M. G. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.) **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 15-25.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Blackwell: Blackwell Scientific Publications, Studies in ecology, v. 5, 1979.
- USCHER, M. B.; BOOTH, R. G.; SPARKES, K. E. A review of progress in understanding the organization of communities of soil arthropods. **Pedobiologia**, v. 23, p. 126-144, 1982.
- USHER, M. B. & PARR, T. W. Are there successional changes in arthropod decomposer communities? **Journal of Environmental Management**, v. 5, p. 151-160, 1977.
- VARGAS, A. B.; NUNES, A. J. M.; QUEIROZ, J. M.; SOUZA, G. O.; RAMOS, E. F. Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 1, p. 028-037, 2007.
- VASCONCELLOS, A.; MÉLO, A. C. S.; SEGUNDO, E. M. V.; BANDEIRA, A. G. Cupins de duas florestas de Restinga do nordeste brasileiro. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 95, n. 2, p. 127-131, 2005.
- VILLANI, M. G.; ALLEE, L. L.; DÍAZ, A.; ROBBINS, P. S. Adaptive strategies of edaphic arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 44, p. 233-256, 1999.
- VUONO, Y. S. Inventário fitossociológico. In: **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica**. SYLVESTRE, L. S. & ROSA, M. M. T. (Orgs.). Seropédica, RJ: EDUR, 2002. p. 55-65p.
- WEINBERG, B. Componentes da vegetação remanescente do litoral de Vila Velha e norte de Guarapari – ES: Usos e tratamentos paisagísticos em cidades com orla marítima. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.) **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p.227-231.
- ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 3rd Ed. New Jersey: Prentice Hall, 1984. 662p.

CAPÍTULO II

COMUNIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM FRAGMENTOS FLORESTAIS DA RESTINGA DA MARAMBAIA, RJ

RESUMO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são importantes agentes promotores da ciclagem de nutrientes e facilitadores do estabelecimento da vegetação colonizadora, principalmente em solos pobres, como é o caso das restingas. O presente estudo visou avaliar a comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) de dois fragmentos florestais (FFs) da Restinga da Marambaia, uma importante área com remanescentes de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, sujeitos à inundação. Um deles, FF 2, foi caracterizado por apresentar um maior nível de saturação do solo do que o outro, FF 1. A coleta de amostras de FMAs em ambos os FFs ocorreu nos pontos os mais livres de encharcamento possível. Para avaliação dos FMAs, foram coletadas 50 amostras simples de solo até a profundidade de 5 cm, em ambos os FFs, as quais constituíram 5 amostras compostas por FF. A identificação dos FMAs se deu após a extração dos esporos das amostras de solo. O gênero *Acaulospora* foi o mais rico em espécies, enquanto *Glomus* foi o mais frequentemente encontrado na Restinga, demonstrando maior adaptação deste às condições edafó-climáticas. Não houve diferença estatística entre os FFs quanto à riqueza de espécies de FMAs; a diferença (altamente significativa) entre eles se deu em relação à densidade de esporos, a qual foi bem superior em FF 1, provavelmente devido à menor saturação do solo neste fragmento, já que os FMAs são organismos aeróbicos.

Palavras-chave: Restinga da Marambaia, fungos micorrízicos arbusculares, micorriza.

ABSTRACT

The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are important agents that promote the nutrients cycling and promote the vegetation establishment, mainly in poor soils, as in the case of restingas. The present study aimed to evaluate the arbuscular mycorrhizal fungi communities in two temporarily flooding forest fragments (FF), one with greater humidity content in the soil (forest fragment 2) than the other (forest fragment 1), in Restinga da Marambaia, an important area with remainders of the Atlantic Rainforest in the State of Rio de Janeiro. Five randomized composed samples of the soil until the depth of five cm were taken in each one of the sites, avoiding the most flooded points. AMF identification occurred after the spores extraction. *Acaulospora* was the richest genus in species, while *Glomus* was the most frequent genus in the Restinga, demonstrating that this second one was the most suitable to the edapho-climatic conditions. There weren't differences between the areas in relation to the richness of AMF species. The difference (highly significant) between the FF occurred in relation to the spores density, which was much superior in FF 1, probably due to lesser soil saturation, which could promote better conditions to the spores, since AMF are aerobic organisms.

Key words: Restinga da Marambaia, arbuscular mycorrhizal fungi, mycorrhizae.

INTRODUÇÃO

As Restingas são um complexo vegetacional que se estende na planície arenosa ao longo do litoral, em faixas ora mais largas ora mais estreitas. Esta planície data do Período Quaternário e é resultante da ação conjunta de fontes de areia, correntes de deriva litorânea, variação do nível do mar e retenção de sedimentos (PEIXOTO, 1992).

Estes ecossistemas são denominados comunidades edáficas, pois abrangem um conjunto de populações vegetais dependentes de um determinado tipo de solo (BRASIL, 1994), os quais se caracterizam pela baixa fertilidade dos solos.

O solo, local onde vivem homogeneizados muitos organismos vivos e os produtos da sua decomposição, é também conhecido como pedosfera. Esta camada intemperizada da crosta terrestre, em geral, é o resultado da ação do clima e dos organismos sobre o material-matriz da superfície terrestre (ODUM, 1998). Entretanto, é importante salientar que outros fatores também concorrem, em maior ou menor grau, para a sua formação, como o relevo e o tempo.

É no solo que ocorrem importantes processos responsáveis pela manutenção da vida no planeta. Por exemplo, o ciclo hidrológico. Um outro processo vital para os organismos como um todo é conhecido como ciclagem de nutrientes, o qual é especialmente importante no caso de ecossistemas estabelecidos em solos com baixa fertilidade natural.

Em solos de baixa fertilidade, a queda de resíduos senescentes da parte aérea das plantas e sua gradativa decomposição são fundamentais para a manutenção da estabilidade dos ecossistemas florestais, pois é por meio desta dinâmica que significativas quantidades de nutrientes podem retornar ao solo (CORREIA & ANDRADE, 1999).

Segundo ODUM (1998), os sistemas de detritos melhoram a regeneração e a reciclagem de nutrientes porque todos os componentes bióticos (vegetal, animal e microbiano) estão estreitamente interligados e, desta maneira, os nutrientes são reabsorvidos assim que são liberados.

Os organismos podem atuar direta ou indiretamente na ciclagem de nutrientes. A microflora do solo desempenha uma atuação direta porque é ela que mineraliza a matéria orgânica (REICHLE, 1977). Dentre os componentes deste grupo, destacam-se os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).

Os FMAs formam associações simbióticas com os vegetais, as quais são denominadas micorrizas. Enquanto os hospedeiros vegetais repassam carboidratos (energia) para os fungos, organismos heterótrofos, estes aumentam em muito a capacidade de absorção de nutrientes presentes na solução do solo. Segundo SAGGIN JÚNIOR & SILVA (2005), as hifas destes fungos são muito mais finas do que as raízes e, desta maneira, têm uma superfície de contato muito grande, o que representa uma enorme contribuição para a superfície de absorção.

De um modo geral, há uma carência de informações sobre os FMAs que ocorrem em restingas e participam do processo de estabelecimento vegetal nestes ambientes; além disto, a identificação das espécies nativas pode embasar pesquisas envolvendo a produção de mudas micorrizadas para recuperar áreas degradadas nestes ecossistemas. Este capítulo visou identificar os FMAs presentes em dois fragmentos florestais periodicamente inundados, com diferentes graus de hidromorfismo do solo, na Restinga da Marambaia, RJ, comparando os resultados encontrados a fim de identificar possíveis diferenças entre os fragmentos quanto à densidade de esporos e à riqueza de espécies destes fungos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. RESTINGAS E CICLAGEM DE NUTRIENTES

Embora guarde uma das maiores biodiversidades do planeta, com dados surpreendentes sobre o grande número de espécies de Myrtaceae e a quantidade de fungos associados à rizosfera, a Mata Atlântica é um dos biomas mais ameaçadas do planeta (PEIXOTO, 1992), visto que originalmente ela cobria mais de um milhão de km², dos quais restam atualmente apenas 7,5% dessas florestas (MYERS et al., 2000), em função da densa ocupação humana e do processo desenfreado de industrialização.

A intensa ocupação brasileira se iniciou a partir do litoral brasileiro, cuja extensão é superior a 9.000 km, o qual, de acordo com GUERRA (1993), apresenta vastas planícies sedimentares arenosas formadas pelo dinamismo destrutivo e construtivo das águas oceânicas. Entretanto, estas planícies de sedimentação quaternária e, portanto, de formação recente, podem ser correlacionadas não só a estas águas, mas também com as desembocaduras dos principais rios que provêm do interior e deságuam no Oceano Atlântico, uma vez que o suprimento de areias pode advir das escarpas arenosas da Formação Barreiras, das escarpas cristalinas da Serra do Mar e das areias que recobrem a plataforma continental (SUGUIO & TESSLER, 1984).

Os depósitos arenosos são, em geral, cobertos por comunidades vegetais características e também muito diversas, como campos ralos de gramíneas, matas fechadas de até 12 metros de altura ou brejos com densa vegetação aquática. A esse conjunto de formações geomorfológicas e às diferentes comunidades biológicas que ocupam essas planícies dá-se o nome genérico de Restingas (ARAÚJO & LACERDA, 1987), que são formações contíguas à Mata Atlântica.

A natureza arenosa dos solos das restingas impede que os mesmos tenham capacidade de tamponamento e, portanto, são comuns os baixos valores de pH. O cátion dominante no complexo de troca é o Al, resultando em solos álicos. Nos horizontes ou camadas superficiais, verifica-se uma grande contribuição da matéria orgânica, uma vez que estes são compostos basicamente por areias. Assim, a capacidade de troca catiônica acompanha os teores de carbono orgânico. Desta forma, o incremento da biomassa vegetal nos ambientes de restinga tende a melhorar a retenção de umidade e nutrientes no sistema, os quais não permanecem retidos no solo por muito tempo.

De acordo com HAY & LACERDA (1984), a entrada de nutrientes nos ecossistemas de restinga é realizada pela deposição de salsugem (precipitação seca), pela deposição úmida (precipitação pluviométrica), pela fixação de nitrogênio, micorrização, ventos, animais migratórios, dispersão de frutos e sementes.

Os nutrientes, elementos essenciais à manutenção dos componentes biológicos nos ecossistemas (microrganismos, vegetais e animais), apresentam, segundo PAMMENTER (1984), um incremento no sistema solo-planta nas áreas mais distantes do mar, devido ao maior conteúdo de matéria orgânica (e provavelmente de nitrogênio) nestes locais.

A associação de plantas superiores com fungos micorrízicos é um importante fator na eficiência da reciclagem de nutrientes (SILVEIRA, 1992; SIQUEIRA et al., 1994), a qual experimenta uma otimização especialmente importante em solos desenvolvidos em condições de clima tropical, devido aos baixos teores de fósforo disponível que eles apresentam.

Comparando-se as formações que pertencem ao bioma Mata Atlântica, nas restingas a sucessão vegetal se dá de forma bem mais lenta do que nas formações ombrófilas e estacionais,

pois naquelas o substrato, devido à dissecação e à falta de nutrientes, não favorece a ocupação inicial pela vegetação (BRASIL, 1996). Todavia, a população de fungos micorrízicos pode influenciar a composição da comunidade vegetal pelo fato de terem a capacidade de afetar as habilidades competitivas das plantas (JANOS, 1980) e, desta maneira, estes microrganismos podem ser indispensáveis para o estabelecimento e o crescimento das plântulas em solos inférteis em áreas úmidas tropicais (FISCHER et al., 1994).

2.2. FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

A microbiota do solo é composta por bactérias (Reino Monera) e por fungos (Reino Fungi) (ASSAD, 1997), a qual é se constitui nos principais agentes da atividade bioquímica do solo: eles atuam na disponibilização de nutrientes para o ecossistema, por meio da mineralização da matéria orgânica (decomposição), fixação biológica do nitrogênio (associação entre vegetais superiores e bactérias fixadoras de N atmosférico) e absorção de elementos que são repassados para os vegetais (simbiose micorrízica).

Estimativas apontam que as populações dos microrganismos podem variar de 10^6 a 10^9 células.cm⁻³ (SWIFT et al., 1979). Quanto aos fungos, embora estes sejam menos numerosos do que as bactérias, eles constituem a maior parte da biomassa microbiana no solo (REIS JUNIOR & MENDES, 2006).

As micorrizas surgiram há cerca de 400 milhões de anos, e envolvem associações simbióticas mutualistas entre fungos (*mykes*) do solo e raízes de plantas (*rhizae*) (AQUINO et al., 2005) de grande parte das angiospermas, gimnospermas, pteridófitas e diversas briófitas, advindo da co-evolução entre os simbioss desde a ocupação dos ambientes terrestres pelos vegetais (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2005).

Estes fungos são microorganismos biotróficos obrigatórios, ou seja, somente se desenvolvem e realizam atividades metabólicas quando associados aos hospedeiros vegetais, fato que lhes confere dependência do fungo pela planta, ao passo que espécies diferentes de plantas apresentam diferentes graus de dependência em relação ao fungo (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2005).

Há basicamente dois tipos de micorrizas: as ecto e as endomicorrizas (SIQUEIRA & KLAUBERG FILHO, 2000). Nas primeiras, o fungo não penetra nas células do hospedeiro, enquanto nas segundas ele se desenvolve entre e dentro das células do córtex radicular. Dentre estas, se encontram a micorriza ericácea, a orquidácea e a arbuscular (MIRANDA & MIRANDA, 1997). Esta última é o tipo mais comum na natureza, ocorrendo na maioria dos ecossistemas terrestres, dos polares aos desérticos, passando pelos tropicais úmidos (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2005).

As micorrizas arbusculares formam dentro das células do córtex estruturas denominadas arbúsculos (FURLANI, 2004), que são repetidas ramificações de hifas (SIQUEIRA & KLAUBERG FILHO, 2000) que atuam como os principais pontos de troca de carboidratos e nutrientes minerais do fungo com a planta hospedeira. Dentre estas, há aquelas que formam vesículas, sendo denominadas micorrizas vesículo-arbusculares. Estas estruturas globosas que atuam como órgãos de reserva de nutrientes e apenas os membros da família Gigasporaceae não possuem tais vesículas. Os esporos dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são propágulos formados dentro e fora das raízes que se comportam como estruturas de resistência e, algumas vezes, se apresentam dormentes. Todas as estruturas fúngicas que são formadas dentro das raízes são indícios de que está havendo colonização micorrízica e o fato das mesmas não ultrapassarem

a endoderme e, conseqüentemente, não atingirem os vasos condutores, caracteriza a infecção como não patogênica (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2005).

Os FMAs pertencem à classe dos Ficomicetos do filo Glomeromycota, sendo caracteristicamente asseptados (MIRANDA & MIRANDA, 1997). Os principais gêneros de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares são *Glomus* (que parece ser o mais abundante dos fungos de solo), *Gigaspora*, *Acaulospora* e *Sclerocystis* (FURLANI, 2004).

A diversidade de espécies de FMAs é baixa, fato atribuído a aspectos evolutivos dos mesmos, a suas características reprodutivas e provavelmente ao desconhecimento de novas espécies em função de um grande número de regiões ainda não exploradas no mundo (SIQUEIRA & KLAUBERG FILHO, 2000). Segundo SAGGIN JÚNIOR & SILVA (2005), apenas 200 espécies são conhecidas atualmente.

O benefício da simbiose é influenciado pelos fatores: espécie ou isolado do fungo, espécie da planta hospedeira e condições edafoclimáticas (SOUZA & SILVA, 1996). Não existe especificidade entre o hospedeiro vegetal e o fungo micorrízico (MERGULHÃO et al., 2001); o que pode ocorrer é uma associação mais eficiente ou não, já que diferentes combinações entre os simbiossiontes apresentam funcionamento diverso, pois cada FMA possui características que são dependentes de condições ambientais, como, por exemplo, a disponibilidade de fósforo. Entre estas características podem ser citadas a habilidade do fungo em absorver e transferir os nutrientes para as plantas e capacidade de formar com rapidez um micélio extra-radicular amplo e extenso (SAGGIN JUNIOR & SILVA, 2005). Portanto, é importante conhecer as variáveis ambientais onde cada espécie de FMA se desenvolve e quais as espécies estão envolvidas na simbiose, com a finalidade de comparação entre estudos realizados em diferentes condições ambientais (MIRANDA & MIRANDA, 1997).

As micorrizas, que são freqüentes em condições naturais, aumentam a absorção de nutrientes presentes na solução do solo pelas plantas (MIRANDA & MIRANDA, 1997), uma vez que ampliam a superfície de absorção e o volume e extensão do solo explorado (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2005), resultando no aumento da capacidade de estabelecimento, desenvolvimento e reprodução das plantas (SOUZA & SILVA, 1996), as quais, em troca, fornecem energia proveniente da fotossíntese aos fungos. Desta maneira, a associação de plantas superiores com fungos micorrízicos é um importante fator na eficiência da reciclagem de nutrientes (SILVEIRA, 1992; SIQUEIRA et al., 1994), especialmente o fósforo, situação que é mais importante no caso de solos com baixa fertilidade (MIRANDA & MIRANDA, 1997) ou elevada capacidade de fixação deste nutriente, o que o torna indisponível para as plantas, como é o caso dos solos desenvolvidos em condições de clima tropical.

A maioria dos solos tropicais tende a apresentar baixo teor de bases porque se desenvolveram em condições de intensa precipitação pluviométrica e elevadas temperaturas, o que acelera o intemperismo e favorece a lixiviação das mesmas. Desta maneira, o pH da solução destes solos costuma ser ácido, o qual é responsável pelos elevados teores de ferro, alumínio e manganês. Estes, por sua vez, apresentam alta capacidade de "fixação" do fósforo por possuírem cargas positivas que vão reter fortemente este elemento (adsorção), de forma que o mesmo retorne muito lentamente para a solução do solo, aquém da demanda das plantas. Entretanto, segundo ODUM (1998), os fungos micorrízicos conseguem metabolizar o fósforo e outros minerais não disponíveis e, uma vez removida esta estrutura biótica, os nutrientes, em condições de ambiente tropical, perdem-se rapidamente devido à lixiviação.

De fato, as micorrizas são mecanismos de fluxo energético tão bem desenvolvidos em ecossistemas de floresta pluvial, sobretudo em locais oligotróficos, que elas podem ser consideradas como uma cadeia alimentar principal. Isto porque aprisionam e conservam os

nutrientes dentro dos biomas. (ODUM, 1988), protegendo-os contra perdas pelas plantas por lixiviação e adsorção SAGGIN JUNIOR & SILVA, 2005).

A exuberância da vegetação da Mata Atlântica sob o frágil equilíbrio pouco resistente a perturbações deste bioma se deve à ciclagem rápida da matéria orgânica promovida por micorrizas arbusculares (PEIXOTO, 1992). Então, as micorrizas são mecanismos importantes na funcionalidade e sustentabilidade dos ecossistemas tropicais (MIRANDA & MIRANDA, 1997).

TRUFEM (1988) verificou a ocorrência de FMAs em dunas de restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP, sugerindo que a colonização das raízes das plantas pioneiras que habitam tais ambientes, caracterizados por apresentar situações ecológicas severas, melhora as condições para o estabelecimento da mesma.

Segundo ATKINSON (1973), citado por HAY & LACERDA (1984), a entrada de fósforo nos ecossistemas de Restinga é feita principalmente através da deposição de salsugem e não existem fontes deste elemento dentro do ecossistema. Além disto, a matriz quartzosa dos solos de Restinga não fixa o fósforo (GOMES et al., 2004). Assim, qualquer mecanismo capaz de maximizar a absorção de fósforo pelas plantas não teria somente importância para as plantas propriamente ditas, mas também aumentaria a eficiência da ciclagem desse elemento no ecossistema como um todo (TAVARES, 1998), o que é realizado em função de associações simbióticas eficientes entre vegetais e fungos micorrízicos. Para JANOS (1980), a presença de endófitos é fundamental para a evolução de uma vegetação estável em locais caracterizados pela baixa disponibilidade de nutrientes, pois as raízes micorrizadas apresentam vantagem competitiva sobre as não micorrizadas.

Todas as espécies vegetais estudadas por HAY & LACERDA (1984) na Restinga de Barra de Maricá, RJ, apresentaram sinais de colonização micorrízica, evidenciando a importância desta simbiose mutualista na ciclagem de nutrientes nestes ambientes.

Normalmente, uma maior estabilidade do sistema está ligada a uma alta diversidade da microbiota do solo, o que resulta em redundância de grupos funcionais e é uma característica capaz de garantir maior capacidade de recuperação do ecossistema a estresses ambientais naturais e/ou antrópicos (XAVIER et al., 2005). Neste contexto, a diversidade microbiana funcionaria como um “tampão” do solo, minimizando as conseqüências destes estresses (REIS JUNIOR & MENDES, 2006).

Alguns estudos citam que áreas perturbadas e não perturbadas diferem entre si pela riqueza de FMAs, demonstrando que existe uma correlação positiva entre sua riqueza e o funcionamento de ecossistemas. RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA & FREITAS (2006) perceberam que membros da família Gigasporaceae só foram detectados em dunas preservadas, mostrando uma alta diversidade sistemática de fungos micorrízicos em sistemas saudáveis, quando comparados com dunas perturbadas. MELLO et al. (2006) encontraram maior riqueza de espécies de fungos micorrízicos em um campo nativo, enquanto que em duas áreas plantadas com eucalipto este valor foi menor. Este fato foi atribuído à maior diversidade na comunidade de plantas no campo nativo, o que proporcionou maior capacidade de associação dos vegetais com os fungos micorrízicos.

Entretanto, SILVA & CORREIA (2000), ao comparar uma área de restinga preservada e outra degradada, no Parque Nacional da Restinga da Jurubatiba, RJ, não encontraram diferenças significativas entre elas, com relação à presença de FMAs, pois ambas as áreas apresentaram as mesmas espécies: *Glomus macrocarpum*, *Glomus etunicatum*, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora morrowiae* Spain & Schenck e *Scutellospora heterogama* Nicolson & Gerdemann. Segundo os autores, este fato pode ter ocorrido devido à proximidade entre as duas áreas, que foi de 800 m, o que teria facilitado a dispersão de esporos dos fungos de um sítio para o outro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta do material de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) na data época e nos mesmos fragmentos florestais (FFs) da Restinga da Marambaia nos quais foram coletadas amostras para a fauna do solo. Portanto, a localização e a caracterização da Restinga da Marambaia e dos FFs estudados já constam no item Material & Métodos do Capítulo I.

A comunidade de fungos micorrízicos arbusculares da Restinga da Marambaia, RJ foi avaliada por meio de coleta de cinquenta amostras simples de solo em cada um dos dois FFs, sendo que cada uma delas foi retirada à profundidade de 5 cm, por meio de um anel de PVC com 4,5 cm de diâmetro. De cada dez amostras simples obteve-se uma amostra composta, totalizando cinco compostas por FF.

Devido ao elevado grau de umidade apresentado pelas amostras de solo, as mesmas passaram por um longo período de secagem ao ar e à sombra (aproximadamente duas semanas), sobre bancada de laboratório, a fim de que se obtivesse a quantidade de material predeterminada para a extração dos esporos dos FMAs: 50 cm³ de terra, previamente seca à sombra. Após esta etapa, as amostras foram acondicionadas em câmara fria até o momento da extração e contagem dos esporos e identificação das espécies de fungos micorrízicos arbusculares de ocorrência nas áreas de estudo.

Os esporos são estruturas por meio das quais os FMAs podem sobreviver no meio quando as condições não são favoráveis, sendo que sua viabilidade pode durar muitos anos (SOUZA & SILVA, 1996), no solo e na serrapilheira, em comparação com hifas (JANOS, 1980). É através destas estruturas de resistência que normalmente as espécies de fungos são identificadas. Uma vez extraídos os esporos presentes na rizosfera e contados em microscópio, pode ser determinado o grau de intensidade de ocorrência dos mesmos no solo (MIRANDA & MIRANDA, 1997).

A extração dos esporos dos fungos micorrízicos arbusculares seguiu a técnica do peneiramento úmido (GERDEMANN & NICOLSON, 1963), utilizando peneiras com malhas de 38 µm, seguida por centrifugação em sacarose. Uma vez extraídos, obteve-se o número total de esporos presentes em cada amostra, com o auxílio de microscópio estereoscópico. Após a contagem dos esporos de cada amostra composta dos FFs, os mesmos foram transferidos para um placa de Petri e uma quarta parte do total foi separada aleatoriamente.

Os esporos separados aleatoriamente foram divididos em dois grupos semelhantes e representativos da diversidade de FMAs encontrada, segundo as características de tamanho, forma e cor dos esporos dos mesmos. Ambos os grupos de cada amostra foram transferidos para uma mesma lâmina, sendo um fixado com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG) e, o outro, com PVLG + o reagente de Melzer (1:1). Cada grupo, então, foi colocado sob uma lamínula, sendo que aquele que foi fixado com PVLG + o reagente de Melzer (1:1) recebeu uma delicada pressão para que os esporos fossem quebrados e, uma vez as paredes internas expostas, fosse possível caracterizar as paredes dos esporos, melhorando, em alguns casos, a visibilidade daqueles com paredes aderentes ou muito finas, auxiliando a identificação das espécies de fungos micorrízicos arbusculares.

A identificação das espécies foi feita segundo SCHENCK & PÉREZ (1988) e segundo trabalhos de descrição das espécies identificadas após esta data, lançando mão também de consultas à *home page* da coleção internacional de fungos micorrízicos arbusculares <http://invam.caf.wvu.edu/>. As observações foram feitas em microscópio ótico com iluminação de campo-claro e objetiva de imersão. Os caracteres taxonômicos considerados incluíram número e tipo de camadas das paredes dos esporos e sua reação com o reagente de Melzer; as

características das paredes internas, quando estas estiveram presentes; morfologia da hifa de sustentação do esporo; variação da cor e tamanho dos esporos.

Para efeito de comparação entre as áreas estudadas, o conteúdo de água nas amostras de solo foi avaliado por meio da umidade gravimétrica (Ug%), a qual foi analisada em laboratório (EMBRAPA, 1997).

Umidade Gravimétrica (Ug%):

$Ug\% = [(M. A. U. - M. A. S.) * 100] / M. A. S.$, onde:

M. A. U. = massa de amostra úmida, pesada em balança com duas casas decimais;

M. A. S. = massa de amostra seca, pesada em balança com duas casas decimais, após permanência da amostra em estufa a 105 °C, por 24 h.

Os resultados encontrados foram avaliados segundo o Teste não paramétrico de Mann-Whitney, ou Teste “U” (ZAR, 1984).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise taxonômica revelou um total de seis espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, sendo que metade do total das espécies encontradas (3) foi identificada apenas ao nível de gênero (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição das espécies e da quantidade média de esporos (densidade) de FMAs encontrados nos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ

FF	FAMÍLIA	ESPÉCIE	Nº TOT. ESPOROS
1	Acaulosporaceae	<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos	1283
		<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	
		<i>Acaulospora</i> sp.	
	Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i> sp.	
Glomeraceae	<i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & C. Tul.	409	
	<i>Glomus</i> sp.		
2	Acaulosporaceae	<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos	409
		<i>Acaulospora</i> sp.	
		Gigasporaceae	
	Glomeraceae	<i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & C. Tul.	
<i>Glomus</i> sp.			

Do total de espécies observadas, a maioria (5) ocorreu em ambos os fragmentos, e apenas uma, *Acaulospora scrobiculata* Trappe, se restringiu a FF 1.

As espécies se distribuíram em três gêneros: *Acaulospora*, *Gigaspora* e *Glomus*; cada um deles pertence a uma família (Acaulosporaceae, Gigasporaceae e Glomeraceae, respectivamente). Os gêneros com maior riqueza em espécies foram *Acaulospora* (3) e *Glomus* (2), seguidos por *Gigaspora* (1), representando, respectivamente, 50%, 33% e 17% do total de espécies encontradas no levantamento.

Glomus foi o gênero mais freqüente ou mais constantemente encontrado nas áreas estudadas, uma vez que *Glomus macrocarpum* Tul. & C. Tul. foi a única espécie encontrada em todas as repetições de FF 1 e FF 2 (cinco amostras compostas, para cada um), e *Glomus* sp. ocorreu em oito de um total de dez repetições (em todas as cinco de FF 1 e em três, de FF 2). Logo em seguida esteve *Gigaspora*, representado por *Gigaspora* sp., cuja ocorrência se deu num total de seis repetições (em quatro em FF 1 e em duas, em FF 2).

As espécies do gênero *Acaulospora* foram as menos freqüentes, pois *Acaulospora* sp. e *Acaulospora foveata* Trappe & Janos, que foram detectadas em ambas as áreas, somente foram verificadas em cinco e duas repetições, respectivamente, em FF 1 e FF 2. Já *Acaulospora scrobiculata* ocorreu apenas em duas repetições em FF 1, não tendo sido observada em FF 2.

Em FF 2, houve um maior equilíbrio na distribuição percentual das espécies de FMAs por gênero, como mostra a Figura 1.

Segundo os dados discutidos acima, parece que *Glomus* foi o gênero de fungos micorrízicos arbusculares mais adaptado às condições ambientais que vigoram nos FFs estudados, como solo com textura arenosa e elevada saturação do solo e, portanto, maior conteúdo de matéria orgânica devido à redução da velocidade de mineralização deste material em condições de anaerobiose. Acredita-se também que este gênero pode ter apresentado maior

eficiência na simbiose com a cobertura vegetal existente, e/ou um maior potencial de formação, dispersão e/ou de resistência de seus esporos.

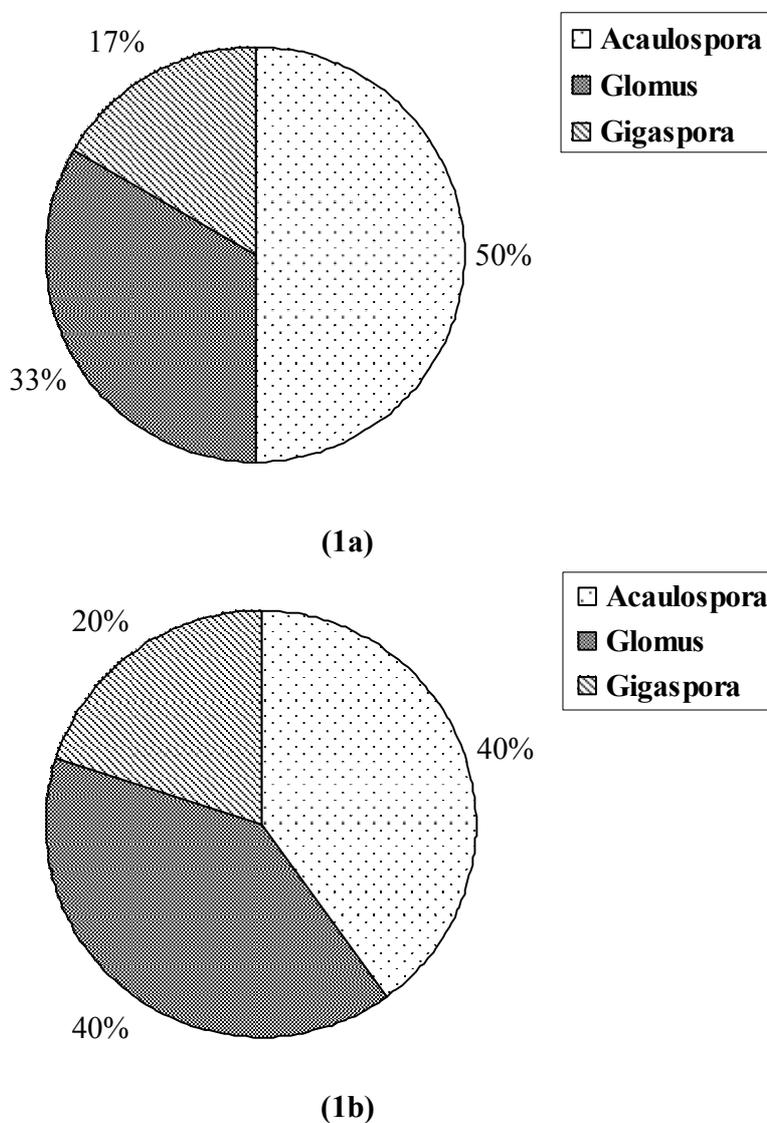


Figura 1. Representação percentual dos gêneros de FMAs, conforme a riqueza de espécies encontradas nos fragmentos florestais (FFs) 1 **(1a)** e 2 **(1b)**, da Restinga da Marambaia, RJ.

A esporulação está diretamente ligada à habilidade que o FMA tem de persistir no meio, sendo resultado da capacidade de competição da espécie do fungo, de sua tolerância a fatores edafoclimáticos e de se espalhar no solo e produzir esporos (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2005). A alta ocorrência de certas espécies guarda relação com uma maior capacidade de adaptação às condições físicas, químicas e biológicas do sistema em que elas ocorrem (THEODORO et al., 2003). Então, a sua presença em determinado ecossistema natural pode indicar uma melhor adaptação às condições vigentes.

A comparação entre levantamentos realizados por diversos estudos a cerca da comunidade de FMAs revela que os três gêneros encontrados no presente estudo figuram entre os de maior ocorrência nos mais diversos ambientes, indicando que os mesmos são cosmopolitas.

TRUFEM (1988) observou que na Ilha do Cardoso, SP, houve predomínio de espécies dos gêneros *Scutellospora* e *Acaulospora* em dunas; *Glomus*, em mata; e, no ecossistema Restinga, *Scutellospora*, seguindo de *Glomus* por pequena diferença. Segundo a autora, a Restinga foi o ecossistema mais rico em quantidade de esporos e diversidade, com a ocorrência de quarenta e oito táxons. Verificou-se um “gradiente” na ocorrência das espécies de fungos micorrízicos: em dunas, onde há elevada insolação direta e os teores de nutrientes no solo são mais baixos, espécies de *Scutellospora* e *Acaulospora* predominaram; conforme a taxa de insolação diminuiu e os solos se apresentaram mais húmicos, caso das matas, houve predomínio das espécies de *Glomus* e *Sclerocystis*.

No levantamento de fungos micorrízicos realizado no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, SP, SILVA et al. (2006) também encontraram *Glomus* e *Acaulospora* como sendo os gêneros com o maior número de espécies com, respectivamente, dezoito (61% do total de espécies encontradas) e sete (23%) espécies.

Sob clima mediterrâneo, RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA & FREITAS (2006) encontraram predomínio de espécies de *Glomus* nas dunas de dois locais da costa portuguesa, ambientes nos quais as condições ambientais são severas e os fungos micorrízicos arbusculares têm importante papel na promoção do estabelecimento e crescimento das plantas.

Glomus, *Gigaspora*, *Scutellospora* e *Acaulospora* foram encontrados em todas as áreas sujeitas à arenização em São Francisco de Assis, RS, avaliadas por MELLO et al. (2006); sendo que uma espécie de *Acaulospora* (*A. scrobiculata*) e outra de *Scutellospora* (*S. heterogama*) foram as mais freqüentes, e *Gigaspora margarita* Becker & Hall apresentou baixa quantidade nas três áreas estudadas: campo nativo, cultivo de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden (eucalipto) de três anos e de oito anos. Estes autores relataram que tal ocorrência restrita pode ser resultado da menor adaptação às condições ambientais ou de suas exigências para crescimento, estabelecimento ou indução à esporulação.

Em um levantamento realizado em dois diferentes ecossistemas, uma floresta secundária e um pasto com gramíneas, ambos na Mata Atlântica, em Paraty, RJ, SOUCHIE et al. (2006) verificou o predomínio do gênero *Glomus*.

Em um estudo em três áreas do Parque Estadual do Alto Ribeira, São Paulo, SP, Bioma Mata Atlântica, com diferentes idades de abandono após cultivo de subsistência, *Acaulospora* foi o gênero com o maior número de espécies, mas *Glomus* foi o que apresentou maior ocorrência, consequência, segundo os autores, da elevada capacidade de adaptação de *Glomus macrocarpum*, *Glomus etunicatum*, *Glomus heterosporum* Smith & Schenck e *Glomus aff. versiforme* à composição florística e às características edáficas da área pesquisada (AIDAR et al., 2004).

De acordo com FURLANI (2004), *Glomus* parece ser o mais abundante dos FMAs.

ALVES (2004), estudando a comunidade de fungos micorrízicos da Floresta Atlântica do Extremo Sul da Bahia, recuperaram esporos dos gêneros *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus* e *Scutellospora*. Destes, *Glomus* foi o mais representativo, apresentando um total de vinte e uma espécies, seguido de *Acaulospora*, com oito espécies. *Glomus macrocarpum*, *Glomus etunicatum* Becker e Gerdemann e *Glomus invermaium* Hall foram as espécies com 100% de constância, quer dizer, foram encontradas em todas as repetições, em ambas as áreas (espécies mais agressivas).

Em um remanescente de Mata Atlântica secundária no Parque Metropolitano de Pituacu, em Salvador, BA, foram encontrados, esporos de *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Glomus* e

Scutellospora na rizosfera de três melastomataceas com alta frequência no referido parque, sendo que houve larga ocorrência de *Glomus* (ARAÚJO et al. 2003).

CARRENHO et al. (2001) identificaram, em uma mata ciliar revegetada nas margens do rio Mogi-Guaçu, Mogi-Guaçu, SP, vinte e duas espécies de fungos micorrízicos arbusculares pertencentes a cinco gêneros: *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora*, *Gigaspora* e *Entrophospora*. Os dois primeiros apresentaram os maiores números de espécies: dez e seis, respectivamente.

A germinação de esporos tem relação com o pH do meio e, desta maneira, a acidez pode limitar a distribuição e abundância das espécies de fungos micorrízicos arbusculares, influenciando o benefício da simbiose (MELLO et al., 2006). Sabe-se que há uma faixa de pH do solo que favorece o desenvolvimento dos fungos micorrízicos arbusculares, que pode variar de acordo com o gênero em questão. A literatura sugere que *Acaulospora*, *Glomus* e *Scutellospora* têm uma faixa de adaptação ecológica maior, em relação à diversidade de condições de solo e clima em que têm sido encontrados (SIQUEIRA & FRANCO, 1988; SILVEIRA et al. 1998; COELHO et al., 1997).

Algumas vezes, os dados em literatura são conflitantes. Alguns autores sugerem que *Glomus* prefere solos com pH superior aqueles observados comumente nos solos de Mata Atlântica, os quais são ácidos (AIDAR et al., 2004). Porém, este gênero, como descrito acima, ocorre nos mais variados ambientes e, como observado neste estudo, foi o de maior ocorrência na Restinga da Marambaia, RJ, ecossistema no qual o pH dos solos é ácido.

CARRENHO et al. (2001) informam que os esporos de *Glomus* possuem parede mais espessada e resistente do que, por exemplo, os de *Acaulospora* e, por isso, espécies daquele gênero podem apresentar maior resistência ao ataque de microrganismos e predadores, assim como aos estresses edáficos, permitindo uma maior persistência e dominância no solo, ao longo do tempo e, conseqüentemente, uma constante re-infecção das raízes.

NOVAIS et al. (2004) estudaram a influência sazonal na multiplicação de espécies de FMAs em vasos cultivados com *Brachiaria decumbens* (braquiária), empregando um substrato preparado a partir da mistura de solo superficial de mata (rico em matéria orgânica), solo argiloso e arenoso, na proporção em volume 1:1:1, autoclavado, em casa de vegetação. Os autores perceberam que as duas espécies de *Glomus* testadas, *G. clarum* e *G. etunicatum*, produziram mais esporos do que *Gigaspora margarita*, independentemente da época de instalação do experimento. Este resultado mostra que pode haver uma diferença, portanto, entre as espécies de FMAs com relação à esporulação.

Com relação à riqueza de espécies de FMAs, não houve diferença estatística entre FF 1 e FF 2 (Tabela 2). Esta constatação pode ser justificada pelo fato de não existir especificidade hospedeira dos vegetais com relação às espécies de fungos micorrízicos. Além disto, agentes dispersores, como o vento, aves e outros animais, podem ter colaborado para a semelhança na riqueza de espécies de fungos micorrízicos nas duas áreas estudadas, já que as áreas encontram-se relativamente próximas – cerca de 100m – o que facilitaria a dispersão de propágulos de fungos micorrízicos. O vento é um importante fator de dispersão de microrganismos, incluindo fungos micorrízicos arbusculares (ALLEN et al., 1989).

Para THEODORO et al. (2003), uma menor diversidade de FMAs pode resultar em eficiência simbiótica maior, desde que as espécies mutualistas sejam eficientes e tenham elevada capacidade competitiva na rizosfera. Então, a baixa diversidade destes organismos pode indicar que os remanescentes podem ser os mais resistentes e/ou aqueles que possuem maior eficiência simbiótica em determinado ecossistema. Este raciocínio poderia também ser estendido no caso da riqueza de espécies encontrada na Restinga da Marambaia.

Tabela 2. Distribuição da riqueza de espécies de fungos micorrízicos arbusculares e densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares recuperados em dois fragmentos florestais estudados na Restinga da Marambaia, RJ¹

FF	RIQUEZA (n° espécies)	DENSIDADE (n° esporos.50cm⁻³)
1	6a	1283a**
2	5a	409b**

¹Valores médios de cinco repetições. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem pelo teste de Mann-Whitney ($\alpha < 0,05$).

** diferença altamente significativa ($\alpha < 0,01$).

Segundo SOUCHIE et al. (2006), uma baixa diversidade em determinada área não necessariamente indica que certas espécies de FMAs estão ausentes. Acredita-se que o mesmo possa ser considerado no caso da riqueza de FMAs. As espécies de fungos micorrízicos consideradas “ausentes”, raras ou de baixa ocorrência, assim classificadas pela menor incidência de esporos no solo, podem estar presentes em formas de propágulos que não sejam esporos, como hifas e ou colonizando fragmentos de raízes. Estas espécies estão participando da associação simbitótica e contribuindo na colonização radicular, pois, segundo TRUFEM (1988), o fluxo de nutrientes entre as plantas é garantido pelas interconexões entre elas entremeadas pelas hifas de diferentes hospedeiros. Também especula-se que as espécies raras podem experimentar esta condição por serem provenientes de outros ambientes e não terem obtido êxito na ocupação do novo ambiente.

Existe, portanto, a possibilidade de a avaliação da riqueza de espécies de fungos micorrízicos arbusculares pela extração de esporos, via peneiramento úmido, subestimar a sua real riqueza (SILVA et al., 2006), o mesmo podendo ser dito a respeito de estimativas da colonização a partir da avaliação da densidade de esporos. Todavia, esta técnica desempenha o papel de uma importante ferramenta para a realização do levantamento preliminar das espécies de FMAs ocorrentes no ambiente.

Houve diferença altamente significativa entre FF 1 e FF 2 quanto à densidade de esporos (Tabela 2). De um total de 1692 esporos recuperados, aproximadamente 76% (1283 esporos) couberam ao FF 1 (Figura 2).

A diferença observada entre FF1 e FF 2 no que se refere à densidade de esporos pode ser um reflexo da atuação mais intensa da fauna predadora em um fragmento do que em outro. Talvez mais importante do que isto seja a diferença marcante entre os FFs quanto ao grau de influência do lençol freático sobre o solo. Existe um gradiente de hidromorfismo entre FF 1 e FF 2: as condições de encharcamento do solo em FF 2 são mais extremadas do que em FF 1. Pelo fato de os FMAs serem microrganismos aeróbicos, certamente esta particularidade desfavoreceu a presença de FMAs, refletindo um menor número de esporos recuperados em FF 2, área que se apresentou com um conteúdo de umidade significativamente mais elevado do que FF 1 (Tabela 3). Por outro lado, a densidade de esporos não cresce indefinidamente e, após atingir um pico, tende a diminuir, o que pode ser uma função da germinação dos mesmos (NOVAIS et al., 2004). Desta maneira, pode ser que em algum momento a densidade de esporos em FF 1 se torne próxima ou até mesmo superior à de FF 2. De qualquer maneira, devido à dificuldade de acesso às áreas, tanto por razões geográficas como estratégicas, esta por força da ocupação local pelas forças armadas, e pela falta de indícios notados que indicassem perturbações dentro dos

fragmentos, não se cogitou a hipótese de que a diferença observada entre os FFs quanto à densidade de esporos de FMAs tenha significado que o fragmento com menor número de esporos (FF 2) apresentou algum grau de perturbação e, conseqüentemente, menor estabilidade do que aquele com maior número de esporos (FF 1).

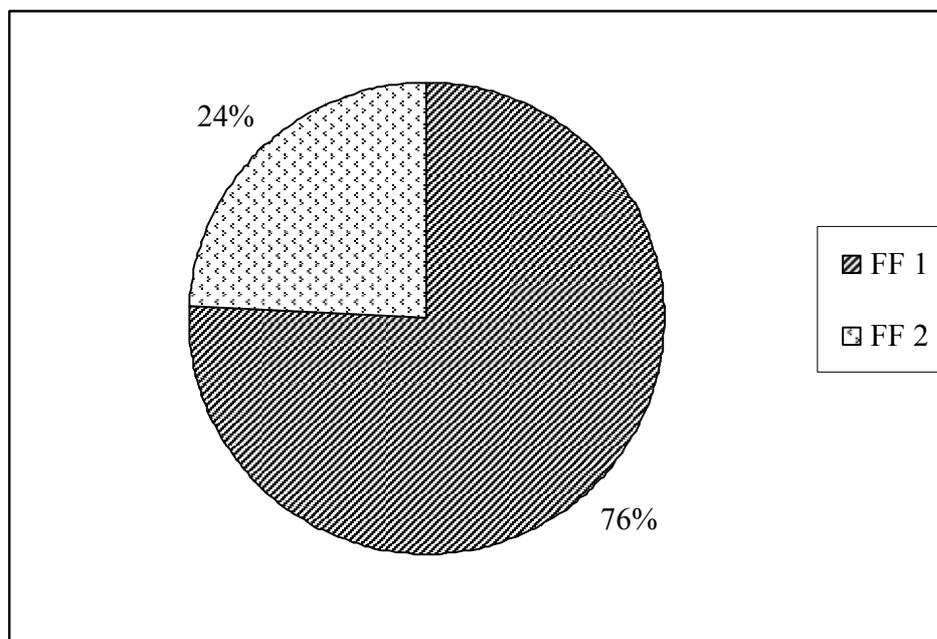


Figura 2 – Distribuição percentual da quantidade total de esporos de FMAs extraídos, em dois fragmentos florestais da Restinga da Marambaia, RJ.

Tabela 3 – Teor de umidade do solo nos fragmentos florestais (FFs) estudados na Restinga da Marambaia, RJ, em outubro de 2006¹

FF	Ug (%)
1	35,0b
2	53,6a

¹Valores médios de cinco repetições. Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem pelo teste de Mann-Whitney ($\alpha < 0,05$).

MIRANDA & MIRANDA (1997) citaram trabalhos que afirmam que os FMAs estão presentes em quase todos os solos, mas sua população pode se tornar pequena, podendo até mesmo desaparecer, em solos inundados.

Estudos divergem quanto à relação entre o grau de perturbação ou preservação de um ecossistema e a densidade de esporos de FMAs. SOUCHIE et al. (2006) encontraram um número muito menor de esporos em uma mata secundária do que em uma área de pasto. Os autores atribuíram estes resultados à maior estabilidade de tais ecossistemas, nos quais há uma menor competição por nichos. Alguns estudos chegaram a resultados semelhantes, ou seja, áreas não perturbadas ou mais estáveis estiveram associadas a um menor número de esporos de FMAs.

Em ambiente de Floresta Atlântica no Estado da Bahia, ALVES (2004) encontrou um total de 23.354 esporos na floresta contínua, enquanto na floresta fragmentada, 44.215. Este maior número de esporos, na área fragmentada, segundo os autores, poderia estar relacionado com alterações na diversidade vegetal e nas condições microclimáticas, principalmente com o aumento da susceptibilidade ao ressecamento, em função da menor área e do efeito de borda.

Todavia, na Restinga de Jurubatiba, RJ, SILVA & CORREIA (2000) encontraram um total de 324 esporos, dos quais a maior parte (68%) pertenceu à área de restinga preservada, em comparação com a degradada.

Assim como não existe, necessariamente, uma relação direta entre a diversidade de esporos extraídos e a real presença de FMAs em determinado ambiente, o número de esporos também pode não guardar uma relação direta com a colonização micorrízica. Segundo MELLO et al. (2006), mesmo quando a densidade de esporos é baixa em determinado ambiente, a presença de hifas e micélio de fungos no solo contribuiriam para o maior percentual de colonização, até porque pode haver um grande número de esporos e estes possuem baixa taxa de germinação, o que resultaria numa baixa percentagem de colonização micorrízica. Então, de posse deste conhecimento, não se pode afirmar que naquele fragmento onde a densidade de esporos foi superior (FF 1) está havendo uma maior colonização do sistema radicular das plantas ali instaladas; desta maneira, acredita-se que esta simbiose é importante em ambas áreas, reforçando a importância deste mecanismo na ocupação dos ambientes de restinga, de uma maneira geral, pelas comunidades vegetais.

5. CONCLUSÕES

Na Restinga da Marambaia, no Estado do Rio de Janeiro, foram identificadas seis espécies de fungos micorrízicos arbusculares, as quais se distribuíram em três gêneros. Destes, o mais rico em espécies foi *Acaulospora*, enquanto o gênero *Glomus* foi o mais freqüentemente encontrado nas amostras em ambos os fragmentos florestais (FFs) estudados, demonstrando uma provável maior adaptação do mesmo às condições edafoclimáticas vigentes.

Não houve diferença estatística entre os FFs quanto à riqueza de espécies encontradas de fungos micorrízicos arbusculares, o que pode ser explicado pela curta distância entre eles. O que os diferenciou de maneira altamente significativa foi a densidade de esporos, a qual foi bem superior em FF 1, cujo grau de saturação do solo foi caracteristicamente inferior em relação a FF 2, o que provavelmente influenciou este resultado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, P. M.; CARRENHO, R.; JOLY, C. A. Aspects of arbuscular mycorrhizal fungi in an Atlantic Forest chronosequence Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP. **Biota Neotropica**, v. 4, n. 2, 2004. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.Org.br/v4n2/pt/abstract?article+BN02504022004>. Acesso em: 15/12/2006.
- ALLEN, M. F.; HIPPS, L. E.; WOOLDRIDGE, G. Wind dispersal and subsequent establishment of VA mycorrhizal fungi across a successional arid landscape **Landscape Ecology**, v. 2, n. 3, p. 165-171, 1989.
- ALVES, L. J. **Efeito da fragmentação florestal sobre as comunidades de fungos micorrízicos arbusculares da Floresta Atlântica do Extremo Sul da Bahia**. Dissertação. 2004. 84f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Biomonitoramento) – Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2004.
- AQUINO, A. M.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JUNIOR, O.; RUMJANEK, N.; DE-POLLI, H.; REIS, V. M. A biota do solo e processos relevantes num novo contexto da agricultura. In: WADT, P. G. S. (editor técnico). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2005. 635p.
- ARAÚJO, D. S. D. & LACERDA, L. D. A natureza das Restingas. **Ciência Hoje**, v. 6, n. 33, p. 42-48, 1987.
- ARAÚJO, C. V. M.; SANTOS, O. M.; LANDER, J.; ALVES, L. J.; MUNIZ, C. R. R. Fungos micorrízicos arbusculares em espécies de Melastomataceae no Parque Metropolitano de Pituacu, Salvador – Bahia – Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 3, n. 1 e 2, p. 115-119, 2003.
- ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T. & HUNGRIA, M. (Org.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 363-443.
- BRASIL. Resolução nº 12, de 04 de maio de 1994. Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 1994.
- BRASIL. Resolução nº 07, de 23 de julho de 1996. Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 1996.
- CAPRONI, A. L. **Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto de Trombetas/PA**. Tese. 2001. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2001.
- CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R. L. L.; GRANHA, J. R. D. O.; MARINHO, N. F. Fungos micorrízicos arbusculares em estéril revegetado com *Acacia mangium*, após mineração de bauxita. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p.373-381, 2005.
- CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 1, p.115-124, 2001.
- COELHO, F.C.; BORGES, A.C.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; MYCHOVY, R.M.C. Caracterização e incidência de fungos micorrízicos em povoamento de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.; nos municípios de Paraopeba, Bocaiúva e João Pinheiro, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 21, n. 3, p. 393-404, 1997.
- CORREIA, M. E. F. & ANDRADE, A. G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O. (editores). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 197-225.

- DRUMOND, M. A.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L.; SILVA, A. F.; TEIXEIRA, J. L. Composição mineral e demanda nutricional de espécies florestais da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v. 21, n. 1, p. 1-10, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisas em solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, RJ, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - EMBRAPA/SNLCS. **Levantamento semi-detalhado e aptidão agrícola dos solos do município do Rio de Janeiro, RJ**. Rio de Janeiro, 1980. 389 p. (Boletim Técnico, nº 66).
- FISCHER, C. R.; JANOS, D. P.; PERRY, D. A.; LINDERMAN, R. G.; SOLLINS, P. Mycorrhiza inoculum potentials in tropical secondary succession. **Biotropica**, v. 26, n. 4, p. 369-377, 1994.
- FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, v. 46, p. 235-244, 1963.
- GOMES, J. B. V.; BARRETO, A. C.; MICHEREFF FILHO, M.; VIDAL, W. C. L.; COSTA, J. L. S.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; GARCIA, C. A. B.; NASCIMENTO, I. C.; VIANA, R. D.; ANDRADE, L. G.; BARROS, A. C. Relações entre atributos bióticos e abióticos de sítios de restinga sob diferentes coberturas vegetais. In: II SEMINÁRIO DE PESQUISA FAP, Sergipe, Aracaju, 2004.
- GUERRA, A. T. Dicionário geológico-geomorfológico. 8ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 446p.
- HAY, J. D. & LACERDA, L. D. Ciclagem de nutrientes do ecossistema de Restinga. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.) **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 459-475.
- JANOS, D. P. Mycorrhizae influence tropical succession. **Biotropica**, v. 12, p. 56-64, 1980.
- LACERDA, L. D. & STEVES, F. A. Restingas brasileiras: quinze anos de estudos. In: STEVES, F. A. & Lacerda, L. D. (Eds.). **Ecologia de Restingas e lagoas costeiras**. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2000. 394p.
- MATTOS, C. L. V. Caracterização climática da Restinga da Marambaia. In: MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L.; ARAÚJO, D. S. D. (Eds.). **História natural da Marambaia**. Seropédica: EDUR, RJ. 2005, 288p.
- MELLO, A. H.; ANTONIOLLI, Z. I.; KAMINSKI, J.; SOUZA, E. L.; OLIVEIRA, V. L. Fungos micorrízicos arbusculares e ectomicorrízicos em áreas de eucalipto e de campo nativo em solo arenoso. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 293-301, 2006.
- MELLONI, R.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p.267-276, 2003.
- MERGULHÃO, A. C. E. S.; SILVA, M. L. R. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P. Influência da dupla inoculação rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares em plantas de sabiá sob solos de diferentes texturas. **Ecossistema**, v. 26, n. 1, 2001.
- MIRANDA, J. C. C. & MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M. A. T. & HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 69-132.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

- NOVAIS, C. B.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R.; OLIVEIRA, J. R.; LIMA, W. L. Influência sazonal da época do estabelecimento dos vasos de cultivo de braquiária sobre a multiplicação de espécies de fungos micorrízicos arbusculares. In: XIV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRuralRJ, Seropédica, RJ, 2004. Anais... Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004. v. 14, n. 1, p. 76-79. Área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434p.
- PAMMENTER, N. W. Ecological and physiological aspects of plant communities of the sand dunes of the east coast of Southern Africa. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.). **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 425-440.
- PEIXOTO, A. L. Vegetação da Costa Atlântica. In: MONTEIRO, S. & KAZ, L. **Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Edições Alumbamento/Livroarte Editora, 1992. 188 p.
- REICHLER, D. E. The role of soil invertebrates in nutrient cycling. **Soil organisms as components of ecosystems**, Stockholm, v. 25, p. 145-156, 1977.
- REIS JUNIOR, F. B. & MENDES, I. C. Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas. In: VI REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, FERTBIO, Bonito, MS, 2006. **Resumos...** CD-ROM.
- RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA, S. & FREITAS, H. Diversity of AMF associated with *Ammophila arenaria* ssp. *arundinacea* in Portuguese sand dunes. **Mycorrhiza**, v. 16, p.543-552, 2006.
- SAGGIN JÚNIOR, O. J. & SILVA, E. M. R. Micorriza arbuscular: papel, funcionamento e aplicação da simbiose. In: **Processos biológicos no sistema solo-planta** – Ferramentas para uma agricultura sustentável. AQUINO, A. M. & ASSIS, R. L. (Eds.). EMBRAPA/Brasília, DF, 1 Ed., 2005.
- SCHECK, N. C. & PÉREZ, Y. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 3rd Ed. Gainesville: Synergistic, 1990. 286p.
- SILVA, M. S. C. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Paraty, RJ**. Dissertação. 2006. 54f. (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2006.
- SILVA, R. F. **Roça caiçara: dinâmica de nutrientes, propriedades físicas e fauna do solo em um ciclo de cultura**. 1998. (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 1998.
- SILVA, E. M. R. **Levantamento da população de fungos micorrízicos arbusculares no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba**. Embrapa Agrobiologia, 1999. 3p. (Embrapa Agrobiologia, Pesquisa em Andamento, n.º. 34).
- SILVA, E. M. R. & CORREIA, M. E. F. Fungos micorrízicos arbusculares e fauna de solo no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. In: XIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, Ilhéus, BA, 2000. **Resumos...** CD-ROM.
- SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; CORREIA, M. E. F.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas no entorno do Parque Estadual da serra do Mar em Ubatuba (SP). **Caatinga**, v. 19, n. 1, p.1-10, 2006.
- SILVEIRA, A.P.D. Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. **Ecologia Microbiana**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, p. 61-86, 1998.
- SILVEIRA, A. P. D. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. & NEVES, M. C. P. (Eds.) **Microbiologia do Solo**. Campinas: SBCS, 1992. p. 257-282.

- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo**: fundamentos e perspectivas. Brasília: MEC/ABEAS; Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 235p.
- SIQUEIRA, J. O. & KLAUBERG FILHO, O. **Micorrizas arbusculares**: a pesquisa brasileira em perspectiva. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. V. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, 2000. p. 235-264.
- SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. **Microorganismos e processos biológicos do solo**. Perspectiva ambiental. Brasília, DF: EMBRAPA – SPI, 1994. 142p.
- SOUCHIE, E. L.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R.; CAMPELLO, E. F. C.; AZCÓN, R.; BAREA, J. M. Communities of P-solubilizing bacteria, fungi and arbuscular mycorrhizal fungi in grass pasture and secondary forest of Paraty, RJ – Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 1, p. 183-193, 2006.
- SOUZA SOBRINHA, M. C. **Levantamento dos fungos micorrízicos arbusculares associados a braquiárias em solo sob Cerrado e o efeito de FMA e fósforo no desenvolvimento e nutrição destas espécies**. Dissertação. 2000. 48f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2000.
- SOUZA, F. A. de & SILVA, E. M. R. da. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.) **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: UFLA/DCS e DCF, 1996. p. 253-290.
- SUGUIO, K. & TESSLER, M. G. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.) **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 15-25.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Blackwell: Blackwell Scientific Publications, Studies in ecology, v. 5, 1979.
- TAVARES, S. R. L. **Uso de leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas para revegetação de solo de Restinga degradado**. Dissertação. 1998. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 1998.
- THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; MOURÃO JÚNIOR, M. Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solo sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 147-153, 2003.
- TRUFEM, S. F. B. **Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares da Ilha do Cardoso, SP, Brasil**. Tese. 1988. 358p. Tese (Doutorado em Ciências, Área de Concentração em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1988.
- XAVIER, G. R.; ZILLI, J. E.; SILVA, F. V.; SALLES, J. F.; RUMJANEK, N. G. Diversidade de microrganismos como bioindicadora da qualidade do solo. In: AQUINO, A. M. & ASSIS, R. L. (Eds.). **Processos biológicos no sistema solo-planta** – Ferramentas para uma agricultura sustentável. EMBRAPA/Brasília, DF, 1 Ed., 2005.
- ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 3rd Ed. New Jersey: Prentice Hall, 1984. 662p.

CAPÍTULO III

PRODUÇÃO DE MUDAS MICORRIZADAS DE AROEIRA-PIMENTEIRA (*Schinus terebinthifolius* Raddi.) EM DIFERENTES SUBSTRATOS

RESUMO

Estudos voltados para a produção de mudas florestais em casa de vegetação contribuem para a obtenção de plantas em boas condições para a utilização em programas de revegetação de áreas degradadas. A fim de avaliar os efeitos da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), foram produzidas mudas de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.) em dois substratos em casa de vegetação do Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em tubetes com capacidade de 280mL. Empregou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, com 24 repetições. Nas parcelas foram avaliadas duas fontes diferentes de matéria orgânica: LETRIP (lodo de estação de tratamento de resíduos industriais da Petroflex) e esterco bovino e, nas subparcelas, a presença e a ausência de inoculação das mudas com FMAs, totalizando 4 tratamentos. Foram avaliadas variáveis a respeito do crescimento, nutrição e colonização aos 120 dias após a semeadura. Em geral, não houve diferença significativa entre os tratamentos inoculados e os não inoculados; o substrato à base de esterco influenciou ganhos significativos para espécie vegetal em todas as variáveis, com exceção da colonização, a qual foi nula neste substrato. A não adequabilidade do fungicida para desinfestar o substrato à base de LETRIP foi atestada pela colonização das mudas no tratamento testemunha, devido às características próprias deste componente. Para as condições testadas, o substrato contendo esterco mostrou ser superior, independentemente da micorrização.

Palavras-chave: Produção de mudas florestais micorrizadas; *Schinus terebinthifolius*; áreas degradadas.

ABSTRACT

Studies about the production of forest species in greenhouse contribute for the attainment of plants in good conditions for planting in disturbed areas. The effects of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and two substrates on growing brazilian pepper-tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi.) were evaluated by measuring the growth, accumulation of nutrients and the AM-colonization of the plants, 120 days after sowing. The experiment had been accomplished at the Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, counted on the direct sowing in pots with capacity of 280mL. Pots were arranged in a completely randomized design with 24 replicates each one of them. In the parcels two different sources of organic substance had been evaluated – mud of industrial effluent residue and bovine manure - and, in the subparcelas, the presence and the absence of AMF-inoculation, totalizing 4 treatments. In general, the inoculation hadn't been increased the seedlings measurements; the substratum with manure influenced significant profits for vegetal species in all the datas, with exception of the colonization, which was null in this substratum. The had been AM-colonization in the non-inoculated plants in the mud, so the fungicide had been inadequate in disinfest the substratum, due to the proper characteristics of this component. For the tested conditions, the substratum with manure showed to be superior, independently of the inoculation.

Key words: Grow forestry seedlings with arbuscular mycorrhizal fungi; *Schinus terebinthifolius*; degraded areas.

1. INTRODUÇÃO

Nas regiões tropicais, grande parte da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis se concentra na biomassa, onde se passa a ciclagem por meio de diversos mecanismos adaptativos de conservação dos nutrientes, incluindo simbioses mutualísticas entre plantas e microrganismos. Nestes ambientes, a remoção de tais estruturas condena o ecossistema a uma rápida perda dos nutrientes por lixiviação, cuja magnitude é potencializada em locais pobres em nutrientes (ODUM, 1988).

Esta situação ocorre devido à baixa elasticidade, isto é, baixa capacidade de recuperação, dos ecossistemas tropicais oligotróficos, uma vez que com a derrubada das florestas para a instalação de atividades agrícolas ou de reflorestamento comercial estes mecanismos conservadores são perdidos. Depois que a produtividade e a colheita destas atividades sofrem uma redução, as áreas são abandonadas e sua recuperação, quando ela ocorre, é muito lenta (ODUM, 1988).

Além das atividades anteriormente citadas, a urbanização, industrialização, pastagens e outras colaboram para o aumento crescente das áreas degradadas. Neste panorama, surgem paisagens fragmentadas onde a conectividade entre os fragmentos florestais remanescentes é baixa, fato que reduz a biodiversidade e aumenta o risco de extinção de espécies (KAGEYAMA & GANDARA, 2005). Daí surgem constantes problemas ambientais e a necessidade de recuperação de áreas degradadas, os quais são responsáveis pelo incremento do interesse no conhecimento das espécies nativas do Brasil. Como consequência surge a necessidade de se produzir mudas de essências florestais que possam suprir os programas de recomposição de vegetação (CARVALHO FILHO et al., 2003).

Os projetos de revegetação de áreas degradadas têm se concentrado no uso de espécies nativas regionais, baseado no fato das mesmas apresentarem uma suposta maior adaptação às condições do solo e clima locais, o que por si só facilitaria o restabelecimento da vegetação e das relações entre esta e a fauna (CARRASCO & CASTANHEIRA, 2004).

Segundo JESUS & ROLIM (2005), a falta de mudas e o custo elevado de produção inibem as iniciativas de projetos de restauração ambiental, que podem ser popularizadas com o conhecimento sobre a maneira adequada de se produzir mudas de essências florestais (germinação, repicagem ou semeadura direta, embalagem, substrato, luminosidade) e a redução deste custo.

A produção de mudas florestais em viveiro ou em casa de vegetação é uma maneira de se obter com rapidez e segurança os elementos vegetais em boas condições morfofisiológicas que serão plantados num programa de revegetação de áreas degradadas. Um dos fatores primordiais para isto é o emprego de substratos adequados para o crescimento e bom desenvolvimento das mudas e das plantas no campo. CARVALHO FILHO et al. (2003) afirmam que, além do tipo de substrato, o tamanho do recipiente é um dos primeiros aspectos que devem ser pesquisados com o objetivo de se produzir mudas de boa qualidade.

Várias técnicas podem ser empregadas na recuperação de áreas degradadas: semeadura direta no campo, semeadura via aérea e uso de mudas. Entretanto, a literatura refere que o uso de mudas implica numa maior sobrevivência das plantas quando comparada com a semeadura direta, embora este método resulte num custo mais baixo (JESUS & ROLIM, 2005).

O desenvolvimento de protocolos e estratégias para a produção de mudas com qualidade, em menor tempo e em condições acessíveis é muito importante (CARRASCO &

CASTANHEIRA, 2004; CUNHA et al., 2005); portanto, aqui cabem estudados a respeito de substratos alternativos e recipientes adequados para baratear os custos de produção, além da inoculação das mudas com fungos micorrízicos arbusculares (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2005), microrganismos que favorecem o estabelecimento das mudas nas áreas degradadas (FRANCO et al., 1992).

A exploração insustentável das zonas costeiras, onde se inserem as restingas, desde a colonização brasileira, originou um quadro ameaçador que requer medidas urgentes, tais como a revegetação com mudas de elevada qualidade de espécies que ocorrem nestes ambientes.

ARAÚJO (2000), em seu levantamento florístico e fitogeográfico das restingas do Estado do Rio de Janeiro, verificou que aproximadamente 80% das espécies analisadas ocorrem tanto na Mata Atlântica quanto nas restingas; o restante (20%) exibe uma distribuição disjunta entre as restingas e os cerrados (e/ou campos rupestres) ou são endêmicas às restingas. Tal fato corrobora com a questão proposta por RIZZINI (1997), segundo o qual a flora das restingas é originária principalmente da Mata Atlântica. Assim sendo, a flora das restingas desempenha o papel de fonte de espécies para a recuperação não só de áreas perturbadas de planícies arenosas costeiras, como também de áreas degradadas de Mata Atlântica.

Devido ao aumento da necessidade de se recuperar ecossistemas devastados por atividades antrópicas, muito se tem pesquisado a respeito da contribuição dos fungos micorrízicos arbusculares para os ecossistemas naturais (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2005), como seu emprego na produção de mudas visando maiores chances de estabelecimento em áreas revegetadas.

O presente estudo teve como objetivo geral levantar informações sobre a produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. micorrizadas, em diferentes substratos, com a finalidade de recuperar áreas degradadas de restingas. Os objetivos específicos foram: avaliar o benefício da micorrização no crescimento e nutrição de mudas de *Schinus terebinthifolius*; comparar a influência de diferentes materiais condicionadores do substrato e fornecedores de nutrientes, no crescimento e nutrição de mudas de *Schinus terebinthifolius*; avaliar a viabilidade do emprego de um resíduo industrial (LETRIP - lodo de estação de tratamento de resíduos industriais da Petroflex) na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*. O teste de germinação realizado para as sementes de aroeira-pimenteira visou avaliar a viabilidade do lote de sementes coletadas para o emprego na produção de mudas.

A escolha desta espécie florestal se baseou em diversos critérios: *Schinus terebinthifolius* (aroeira-pimenteira) é uma espécie nativa; ocorre naturalmente em restingas; a produção de mudas é favorecida pelo fato de os frutos poderem ser facilmente obtidos porque a aroeira-pimenteira ocorre em diversos ambientes; a espécie é pioneira e, portanto, tem rápido crescimento; produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, cuja taxa de germinação é superior a 50%; suas sementes são ortodoxas e, portanto, podem ser armazenadas sem a perda da viabilidade, e também não apresentam dormência, o que facilita o seu emprego na produção de mudas; por ser polinizada por diversos insetos, há maiores chances de as mudas no campo produzirem frutos, além do que tais polinizadores podem também atuar na frutificação de outras espécies presentes na área a ser recuperada, auxiliando na reprodução de outros vegetais; como sua síndrome de dispersão dos frutos é zoocórica, a aroeira-pimenteira atrai a fauna para o sítio de plantio, a qual se alimentará dos frutos e os dispersará, garantindo a dispersão e permanência da espécie na área plantada, podendo ainda dispersar os frutos de outras espécies presentes; é recomendada para a recomposição da cobertura florestal e recuperação de ecossistemas degradados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS

A Constituição Federal de 1988 emprega o termo “recuperação”, a qual se reporta, no seu art. 225, parágrafo 3º, à obrigatoriedade da reparação dos danos causados ao meio ambiente. Por meio destes danos, segundo o art. 2º do Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989, algumas das propriedades do meio são perdidas ou reduzidas, tais como a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais, surgindo daí a degradação (CASTRO, 1998). A recuperação vem a ser a restituição de um ecossistema ou população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ou não ser igual à condição original (BRASIL, 2000).

A recuperação de áreas degradadas vem se tornando cada vez mais importante, em virtude de um mau uso dos recursos naturais, a fim de que sejam atendidas as exigências de diversas atividades, como as agropecuárias, as de mineração, construção civil e geração de energia (SIBINEL, 2003).

Além da própria semente e do recipiente, é imprescindível que sejam realizadas pesquisas que investiguem o tipo de substrato mais adequado para a produção de mudas voltadas para a recuperação ambiental, pois o mesmo pode influenciar o crescimento inicial das plantas e até mesmo a sobrevivência e o estabelecimento das mesmas nas condições de campo.

O substrato é o componente da produção de mudas que fornece água, oxigênio e nutrientes em quantidades adequadas, o meio no qual as raízes se desenvolverão, e o suporte estrutural para a parte aérea das plantas (CARNEIRO, 1995). Desta forma, testes realizados com diferentes constituições de substrato assumem elevada importância na pesquisa do substrato mais adequado do ponto de vista físico, químico e microbiológico para cada espécie em questão, a fim de que os benefícios propostos sejam alcançados (TAVARES, 1998).

Segundo CUNHA et al. (2005), os substratos influenciam o vigor, o desenvolvimento e a sanidade das mudas produzidas, sendo que eles devem ter composição uniforme, devem ter baixa densidade, devem ser porosos, apresentar adequada capacidade de troca catiônica (CTC) e serem isentos de pragas, organismos patogênicos e sementes de plantas daninhas.

O substrato poroso proporciona o máximo de oxigenação ao nível das sementes, o que é melhorado com a adição de material orgânico decomposto ao solo arenoso ou argiloso (LORENZI, 2000).

A matéria orgânica melhora não só as características químicas, mas também as físicas, pois auxilia na manutenção de uma adequada estrutura e porosidade. A adição de material orgânico ao substrato pode ser proveniente de: adubação verde, turfa, serrapilheira de povoamentos adultos, esterco, cascas de vegetais de origens diferentes, além do emprego de lodo de esgoto (CARNEIRO, 1995) e de resíduos de processos industriais.

É de suma importância que os benefícios a serem alcançados combinem fatores econômicos e ambientais na obtenção do substrato. Portanto, deve-se dar preferência àqueles que tenham menor custo de produção e cujos elementos constituintes sejam de fácil acesso e disponibilidade. TAVARES (1998) cita que o solo arenoso, o argiloso e o composto orgânico são elementos de fácil obtenção na propriedade rural e que formam uma combinação volumétrica que, dependendo da proporcionalidade entre eles, satisfazem os sistemas de produção de mudas de muitas essências florestais. Todavia, o mesmo autor refere que dos três, o elemento mais limitante é o composto orgânico.

MACEDO (1993) cita que um dos substratos mais indicados para a produção de mudas de essências florestais empregando tubetes é aquele obtido com a mistura de terra de subsolo (40%), areia (40%) e esterco curtido (20%).

FRANCO et al. (1992) recomendam que o substrato para a produção de mudas com fins de revegetação de áreas degradadas seja composto de uma mistura, em volume, de 10% de fosfato de rocha, 30% de areia, 30% de solo argiloso e 30% de composto orgânico ou esterco curtido.

CASAGRANDE JR. et al. (1996) indicam que a adição de materiais orgânicos ao substrato traz benefícios na produção de mudas de *Psidium cattleianum* Sabine (araçazeiro), uma mirtácea que ocorre principalmente em restingas. Os mesmos autores ainda citam que o vermicomposto (composto orgânico produzido por meio da minhocultura), dentre os testados, foi o que proporcionou os melhores resultados.

TAVARES (1998) estudou a produção de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (sabiá) e *Acacia mangium* Willd (acácia) em dois diferentes tipos de substrato: substrato 1 (70-10-10-10), constituído de uma mistura de 700 g/dm³ de composto orgânico; 100 g/dm³ de solo argiloso; 100 g/dm³ de areia e 100 g/dm³ de fosfato de rocha, e substrato 2 (30-30-30-10), constituído de uma mistura de 300 g/dm³ de composto orgânico; 300 g/dm³ de solo argiloso; 300 g/dm³ de areia e 100 g/dm³ de fosfato de rocha. O substrato 2 foi superior ao substrato 1 em dois importantes parâmetros: altura da planta e diâmetro à altura do colo (acácia); e em alguns outros parâmetros secundários (tanto para a acácia como para o sabiá), não tendo sido estatisticamente inferior em praticamente nenhum parâmetro analisado. Como conclusão, na produção de mudas dessas espécies deve-se optar pelo substrato 2, que possui um menor teor de composto orgânico, o que favorece economicamente a produção de mudas.

CASTANHEIRA & CARRASCO (2004) recomendam a utilização de tubetes preenchidos com uma mistura de turfa e areia nas proporções de 2:1 e 3:1, no processo de produção de mudas de *Rhizophora mangle* L. (mangue-vermelho), não havendo a necessidade de utilização do próprio solo dos manguezais, evitando-se, assim, novos e desnecessários impactos na área a ser recuperada.

Entre esterco bovino, esterco de aves de corte, de suíno e vermicomposto, o primeiro, conforme LOURENÇO et al. (1999), é o mais indicado na produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. (erva-mate), sendo que um terço do volume foi suficiente para a composição adequada do substrato.

COSTA et al. (2005) recomendam, na produção de mudas de *Genipa americana* L. (jenipapo), o uso de substratos à base de terra preta e esterco bovino, na proporção de 1:1, e de terra preta, casca de arroz carbonizada e esterco bovino, na proporção de 1:1:1.

FRANZÃO & MELO (<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/pitangueira.html>) recomendam a utilização de substrato obtido a partir da mistura de terra e esterco de gado ou galinha, na proporção, respectivamente, de 6:1 e 3:1, para a produção de mudas de *Eugenia uniflora* L (pitangueira).

CARVALHO FILHO et al. (2003), estudando a produção de mudas de *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), constataram que é satisfatório que o processo ocorra em sacos de polietileno de 15cm de diâmetro x 20cm de altura, a pleno sol, empregando um substrato formado pela mistura de solo, areia e esterco, na proporção em volume de 1:2:1.

CARRASCO & CASTANHEIRA (2004) realizaram um estudo no qual produziram mudas de *Byrsonima ligustrifolia* Adr. Juss. (baga-de-pomba), *Clusia criuva* Camb. (mangue-de-formiga), *Garcinia gardneriana* (Planch & Triana) Zappi (bacupari), *Gomidesia affinis* (Cambess) D. Legrand (perta-güela), *Gomidesia fenziiana* Berg. (papa-goela), *Ilex amara* (Vell.)

Loes. (congonha-do-rio), *Jacaranda macrantha* Cham. (caroba), *Jacaranda puberula* Cham. (caroba), *Maytenus robusta* Reissek (cafezinho-do-mato) e *Tapirira guianensis* Aubl. (pau-pombo), todas espécies de restinga. Como conclusão do trabalho, os autores recomendam o uso de tubetes plásticos de 288mL preenchidos com substrato obtido a partir da mistura de turfa, palha de arroz e vermiculita, na proporção 3:1:1.

JOSÉ et al. (2005) produziram mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (aroeira-pimenteira) para a recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita em tubetes com capacidade de 50 e 150mL, contendo substrato constituído por esterco de curral peneirado, casca de arroz carbonizada, vermiculita textura média e terra de subsolo peneirada, respectivamente, numa proporção em volume de 4:3:2:1. A este substrato ainda foram adicionados termofosfato magnésiano, sulfato de amônio e cloreto de potássio, nas respectivas doses: 2.000, 500 e 300g.m⁻³. Os autores verificaram que as mudas produzidas em tubetes com capacidade de 150mL apresentaram maior diâmetro de coleto e maior altura, além de maiores médias para as variáveis: número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea, de raízes e massa seca total.

O emprego de composto de lixo urbano e de torta de filtro de usina açucareira na composição do substrato para a produção de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (sesbânia) plantadas em uma área degradada pela extração de argila, localizada no distrito de Campo Limpo, em Campos dos Goytacazes (RJ), estimulou a produção de raízes finas desta leguminosa pioneira, favorecendo o incremento de matéria orgânica e, conseqüentemente, melhorando as condições para introdução de outras espécies na área em recuperação (COUTINHO et al., 2005).

2.2. RESÍDUOS COMO CONDICIONANTES DE SUBSTRATOS

O aumento exponencial da população mundial, a expansão tecnológica e o consumo não racional dos recursos naturais, principalmente nas últimas décadas, têm gerado fortes impactos antrópicos no meio ambiente. Neste panorama figuram a arenização e a desertificação do solo, a extinção de espécies vegetais e animais, a fragmentação de habitats, a poluição da água, do solo e do ar.

Toda atividade potencialmente degradadora deixa seus rastros e conseqüências para toda a sociedade que, na tentativa de compatibilizar o desenvolvimento crescente com melhores condições ambientais, cada vez mais tem se mobilizado para cobrar que medidas mitigadoras e compensatórias sejam adotadas. Enquanto as mitigadoras são medidas saneadoras (TOLEDO & MATTOS, 2003), isto é, visam minimizar os impactos dos danos, as compensatórias têm o objetivo de compensar de alguma forma os danos que são inevitáveis.

Neste contexto se inserem os resíduos de uma maneira geral, destacando-se o lodo proveniente das estações de tratamento do esgoto sanitário e de resíduos industriais. A preocupação com o destino destes resíduos se avolumou na proporção em que as indústrias experimentaram uma enorme expansão nos últimos tempos, a fim de corresponder à demanda da sociedade, trazendo como conseqüência um aumento significativo na produção dos resíduos.

BETTIOL & CAMARGO (2006) afirmam que a disposição do lodo de esgoto para fins agrícolas e florestais é uma das alternativas mais interessantes, pois o mesmo é rico em matéria orgânica e macro e micronutrientes para os vegetais, funcionando, portanto, como condicionador e fertilizante do solo. Desta maneira, no campo florestal, o lodo de esgoto pode vir a ser uma valiosa ferramenta para a recuperação da cobertura vegetal em áreas degradadas próximas dos centros urbanos no Brasil (TAMANINI, 2004).

Todo material inservível proveniente de atividades industriais é denominado resíduo industrial. Figuram como exemplos, dentre outros: lodo, substâncias alcalinas ou ácidas, óleos e cinzas (GRIPPI, 2001).

A disposição final dos resíduos industriais configurou-se num desafio para as indústrias (DIAS et al., 2004), pois o descarte correto muitas vezes depende de altos custos, ao passo que o inapropriado gera ônus ambiental e de saúde pública para a sociedade e, portanto, é importante que sejam realizadas pesquisas objetivando encontrar o seu aproveitamento econômico-ambiental adequado.

Alguns resíduos podem ser empregados na agricultura, pois atuam, de acordo com seus atributos físico-químicos, como corretivos da acidez e fornecedores de nutrientes às plantas, além de aumentarem o teor de matéria orgânica no solo, melhorando suas propriedades físicas e químicas (DIAS, 2005).

A Petroflex Indústria e Comércio S. A. é a maior produtora de borracha sintética (SBR) da América Latina (<http://www.plastico.com.br/revista/pm341/noticias2.htm>) e a quinta maior do mundo. Este produto, o qual encontra-se segmentado em diversos tipos de elastômeros (borrachas), é amplamente empregado em diversos setores industriais: de calçados; adesivos; selantes; pneumáticos, em bandas para recauchutagem; entre outros. O seu parque industrial se constitui em três unidades industriais, sendo uma delas localizada no município de Duque de Caxias, Rio de Janeiro, a outra no município de Triunfo, Rio Grande do Sul e, finalmente, uma terceira no município de Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, totalizando uma produção anual de 411 mil toneladas elastômeros (<http://www.suzanopetroquimica.com.br/website/home/EmpresadoGrupo/petroflex.cfm>).

A geração de resíduos pela Petroflex é proveniente da adesão do látex, produto da reação de copolimerização do butadieno e do estireno, às paredes dos vasos de processo. Sua destinação atual é a incineração, o que determina um elevado custo.

MIRANDA NETO (2002) refere que na segunda metade do século XX, com o crescimento do processo de industrialização, houve a necessidade de requisição de novas áreas para instalações industriais. Assim, ocorreram aterros e terraplenagens para que diversas plantas industriais fossem instaladas na região estuarina da Baixada Fluminense, RJ, dominada por manguezais. Dentre outras empresas, a petroquímica Petroflex se estabeleceu nesta região. A fábrica fluminense, que se situa às margens da Baía de Guanabara, começou a operar em 1962 (<http://www.petroflex.com.br>), e é capaz de produzir 180.000 toneladas por ano de SBR (borracha de estireno-butadieno), 6.000 toneladas de látex e 4.000 toneladas de PBLH (polibutadieno líquido hidroxilado) (DIAS, 2005).

A partir de 1996, pressões dos órgãos de controle ambiental, em face do programa de despoluição da Baía de Guanabara, levaram a Petroflex a implantar um sistema de gestão ambiental e a buscar parcerias com universidades, visando reduzir o passivo ambiental proveniente de aproximadamente 45.000 toneladas de resíduos depositados em valas e aterros. Atualmente, os resíduos da produção de borracha sintética são acumulados a granel, diretamente no solo, para secagem durante algum tempo, antes da destinação final, nas fábricas de cimento (MIRANDA NETO, 2002).

A indústria tem buscado o desenvolvimento de uma rota alternativa para destinação de seu principal resíduo, denominado lodo da estação de tratamento de resíduos industriais da Petroflex – LETRIP.

DIAS (2005) estudou os efeitos da adição de diferentes doses de LETRIP no cultivo de soja (cultivar celeste), em um Planossolo Háptico eutrófico, e verificou que, com relação ao solo, houve elevação significativa de pH e dos teores de K e P. Além disso, este resíduo proporcionou aumento significativo do rendimento do grão.

FREITAS & SÁ (2003) testaram a influência de doses diferentes de LETRIP no crescimento de *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn. (mangue-branco) e *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. (mangue-preto), duas espécies de maguezal. Para tanto, lançaram mão de quatro tratamentos: controle, 10%, 20% e 30% de lodo do volume total do substrato, composto ainda por matéria mineral e areia. Os autores verificaram uma proporcionalidade direta entre o crescimento destas espécies e as crescentes concentrações de lodo.

MALHEIROS et al. (2005) empregaram seis substratos com diferentes concentrações de LETRIP, areia e vermiculita na produção de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith (eucalipto), e observaram que houve maior acúmulo de massa seca de parte aérea nas mudas submetidas aos tratamentos com as doses de 30%, 40%, 50% e 60%, não tendo ocorrido diferença significativa entre eles.

O emprego de biossólido na recuperação de áreas degradadas visa atingir dois objetivos: propiciar um destino final adequado a um resíduo de disposição problemática e recuperar as características físicas, químicas e biológicas de solos degradados em áreas que, por lei, o empreendedor da atividade impactante deve recuperar (TAMANINI, 2004).

2.3. SEMENTES, RECIPIENTES E CONDIÇÕES DE INSOLAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS

A semente é, sem dúvida, um dos pontos importantes para o estudo silvicultural e a reposição das matas. Na maioria dos casos, a semente é necessária para a produção de mudas (ADSON, 1981). Para que o empreendimento florestal alcance êxito, é imprescindível que as sementes sejam de boa qualidade e, assim sendo, a sua capacidade germinativa é o atributo que lhe confere valor para a semeadura (FIGLIOLIA et al., 1993).

A semeadura direta nos recipientes e a repicagem são alguns dos métodos de produção de mudas via sexuada. O primeiro deles apresenta diversas vantagens quando comparado com a repicagem: dispensa a confecção de sementeiras e sua desinfestação; diminui o tempo necessário para a produção de mudas; compete para a produção de mudas com melhor qualidade e por um custo menor (o que influencia no sucesso do reflorestamento ou recomposição); melhora a conformação do sistema radicular e aumenta a sobrevivência das plantas no viveiro e no campo (MARTINS, 2005). No processo de repicagem, a produção de mudas se divide em duas etapas: primeiro, ocorre a semeadura em determinado substrato e recipiente e depois da germinação das sementes, as plântulas são transferidas para um outro substrato e recipiente.

O saco plástico é um dos recipientes mais utilizados na produção de mudas de espécies florestais, embora este recipiente dificulte a mecanização, eleve o risco de incidência de doenças e gere uma maior demanda de mão-de-obra quando comparado ao uso de tubetes (NASCIMENTO et al., 2004). O emprego de tubetes na produção de mudas traz diversas vantagens: são pequenos, leves, as mudas produzidas são fáceis de movimentar no viveiro e no transporte para as áreas de plantio (FERRETTI & BRIETZ, 2005). Além disto, as mudas produzidas em tubetes plásticos podem apresentar melhor configuração do sistema radicular e, conseqüentemente, melhor estabelecimento no campo (CARMO et al., 2004).

Com a finalidade de revegetar encostas da cidade do Rio de Janeiro, FREIRE et al. (1998) estudaram o efeito do sombreamento (30%, 50%, 70% e a sol pleno) no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius*. Os autores verificaram que as mudas atingiram maior incremento em altura sob 50% de sombreamento, ao passo que para diâmetro à altura do colo (DAC), incremento em DAC, massa seca de parte aérea e razão parte aérea/raiz não houve diferença significativa entre os tratamentos. Quanto à massa seca de raiz, as mudas produzidas a sol pleno diferiram significativamente quando comparadas ao tratamento 75% de sombreamento, com decréscimo do desenvolvimento radicular com o aumento do sombreamento. Já SCALON et al. (2006) recomendam que a produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* seja efetuada a sol pleno.

CUNHA et al. (2005) sugerem que mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex D. C.) Standl. (ipê-roxo) sejam produzidas em sacos de polietileno de 15cm de altura x 32cm de diâmetro, com a utilização de substrato composto por uma mistura de subsolo e composto orgânico, na proporção volumétrica de 1:1. A composição do composto orgânico utilizado pelos autores abrangeu bagaço de cana-de-açúcar, esterco bovino, esterco de galinha e cinzas.

Comparando-se o efeito de tubetes com diferentes volumes sobre o crescimento de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud (louro-pardo) e *Jacaranda micrantha* Cham. (caroba), MALAVASI & MALAVASI (2003) observaram que os tubetes com 300cm³, aos 120 dias após a instalação do experimento em viveiro, proporcionaram maiores valores médios para massa seca da parte aérea e massa seca total, para ambas as espécies, e maior número de radículas, no caso da primeira, e maior diâmetro para a segunda espécie.

2.4. IMPORTÂNCIA DA SIMBIOSE MICORRÍZICA PARA A RECUPERAÇÃO DE RESTINGAS DEGRADADAS

Os solos de restinga são pobres, têm elevada acidez, e alta saturação por alumínio. Estas limitações, além da elevada capacidade de adsorção de fósforo, ocorrem em muitos dos solos tropicais. Este quadro, aliado aos altos preços dos fertilizantes industrializados, favorece o desenvolvimento de estudos sobre associações de plantas com microorganismos que favoreçam o aproveitamento de nutrientes (AQUINO et al., 2005).

Assim, entre estas associações de plantas com microorganismos benéficos, pode ser citado o uso de plantas associadas a fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. Tal prática, no âmbito da revegetação, é uma alternativa que reduz os custos, acelera o tempo de recuperação e traz benefícios ao sistema, uma vez que promove o condicionamento do substrato. Desta forma, a planta colonizadora, ao ser introduzida no campo, tem garantido o suporte para seu estabelecimento, crescimento e reprodução, permitindo que o processo sucessional continue naturalmente com a instalação posterior de novos organismos na área.

A união entre os fungos micorrízicos e a planta hospedeira origina as associações mutualísticas, conhecidas como micorrizas (CARNEIRO et al., 1998). Além dos FMAs, há outros tipos de fungos micorrízicos, todavia, nas florestas tropicais em todo o mundo, as micorrizas vesículo-arbusculares são aquelas que predominam (JANOS, 1988).

HAY & LACERDA (1984) observaram que 100% das plantas pesquisadas em numa duna primária na Restinga de Barra de Maricá, Estado do Rio de Janeiro, apresentaram presença de micorriza, fato que demonstrou o papel importante desta na ciclagem global de nutrientes neste

ecossistema. Segundo estes autores, enquanto o conteúdo de fósforo assimilável nos solos superficiais nesta restinga é inferior a 1 ppm, estando próximo do verificado para os demais ecossistemas costeiros, nestas espécies vegetais ele variou entre 100 e 1.000 ppm, enfatizando a eficiência deste mecanismo.

Os FMAs promovem um aumento do volume de solo explorado pelo sistema radicular, o que concorre para o melhor uso do fósforo presente no solo. Sob condições de baixa disponibilidade de fósforo, em geral, plantas não micorrizadas demandam maior quantidade de fertilizante fosfático do que plantas micorrizadas eficientemente (AQUINO et al., 2005). Desta forma, a inoculação das mudas com fungos micorrízicos é uma técnica que visa otimizar a obtenção de fósforo pelas plantas, sem que seja necessário lançar mão de grandes quantidades de adubo, o que contribui para desonerar o custo total de produção de mudas. Entretanto, a eficiência simbiótica pode ser comprometida se o nível deste elemento for muito baixo na solução do solo (SOUZA & SILVA, 1996), o que comumente ocorre nos solos tropicais. Então, mesmo inoculando as mudas, é necessária a aplicação de doses econômicas de adubo fosfatado no processo de produção das mudas e no plantio no campo.

Os FMAs são microrganismos biotróficos obrigatórios e, portanto, só são multiplicados na planta hospedeira, perdendo a viabilidade muito rapidamente quando não associados aos vegetais (SIQUEIRA & KLAUBERG FILHO, 2000). Este fato limita a produção de inóculo em larga escala, na agricultura. Entretanto, sua utilização na fase de viveiros é viável (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2005), podendo ser realizada a inoculação de sementes, mudas, solo e substratos (SIQUEIRA & KLAUBERG FILHO, 2000).

A inoculação deve ser amplamente explorada, já que após um distúrbio, as populações de fungos micorrízicos nativos nos trópicos podem ter sua capacidade de proteger o solo limitada (JANOS, 1988), devido a sua drástica redução em virtude da remoção dos horizontes superficiais (FRANCO et al., 1992).

SILVA & SIQUEIRA (1991) observaram que o uso combinado de superfosfato simples no substrato e a inoculação com FMAS favoreceu o crescimento inicial das mudas de *Persea americana* Mill (abacateiro), *Mangifera indica* L. (mangueira) e *Carica papaya* L. (mamoeiro).

É muito importante o emprego de um adubo fosfatado de lenta solubilização, como é o caso do fosfato de rocha, para garantir uma reserva de fósforo potencialmente disponível e essencial à atividade biológica sustentável, desde que a espécie vegetal possa utilizá-lo eficientemente (MENDES FILHO, 2004). Então, na formação de mudas para a recuperação de áreas degradadas, esse adubo deve ser incorporado ao substrato e, em conjunto, a muda deve receber inóculo de fungos micorrízicos, os quais maximizam a utilização do P liberado.

Embora os benefícios nutricionais das micorrizas arbusculares sejam considerados os principais, as mesmas também podem trazer benefícios não-nutricionais às plantas hospedeiras, onde estão incluídos: produção e acúmulo de substâncias de crescimento, minimização dos danos causados por patógenos, favorecimento do balanço de água na planta, maior tolerância a estresses ambientais e agentes fitotóxicos (salinidade, metais pesados, herbicidas), melhoria da agregação do solo (SIQUEIRA & KLAUBERG FILHO, 2000).

De acordo com ENGEL & PARROTTA (2003), uma das barreiras que impedem a regeneração natural da vegetação nativa refere-se as falhas no estabelecimento de interações essenciais para a manutenção da integridade, onde se dispõem a ausência de simbiontes, como micorrizas, polinizadores e dispersores.

O aumento artificial do número de propágulos leva ao aceleração do processo de regeneração natural das aéreas perturbadas. CUENCA et al. (2002) assinalam que a combinação

entre micorrizas arbusculares e doses relativamente baixas de P propiciaram o recrutamento de espécies nativas da Grande Savana Venezuelana, constituindo-se, a longo prazo, uma estratégia viável para reiniciar a sucessão vegetal em áreas degradadas onde, devido à escassez de nutrientes e de propágulos de micorrizas, a recolonização espontânea por parte da vegetação natural é praticamente nula.

A associação de organismos vivos é um fator relevante nos processos de sucessão vegetal, onde se incluem os fungos micorrízicos. Quando há a associação planta-fungo micorrízico, tem-se a capacitação para enfrentar condições ambientais mais extremas, como as que são encontradas em áreas degradadas (CAMPELLO, 1998).

FLORES-AYLAS et al. (2003) verificaram que sob o nível de 0,02 mg de P.L⁻¹ na solução do solo, a inoculação com o FMA *Glomus etunicatum* diminuiu a dominância de *Solanum granuloso-leprosum* Dunal (gravitinga) e favoreceu o crescimento das demais espécies, possivelmente por torná-las mais competitivas por nutrientes, principalmente P, e espaço. Assim, a micorrização promove maior uniformidade e crescimento mais balanceado entre diferentes espécies. Este efeito sugere que a micorriza tem papel importante na interação entre vegetais de uma mesma comunidade, interferindo na sucessão vegetal. Portanto, em solos de baixa fertilidade, a presença abundante de propágulos de FMAs ou a sua introdução é de grande interesse para a implantação de plantios com diversidade vegetal, permitindo o crescimento equilibrado entre as espécies.

CORRÊA et al. (2006) afirmam que a associação com fungos ectomicorrízicos pode aumentar a aquisição de nitrogênio pelas plantas, desempenhando um papel-chave na nutrição das árvores florestais em nitrogênio.

CAPRONI et al. (2005) atestam que o ideal seria que uma mesma espécie de FMA apresentasse diversas características, dentre as quais: capacidade de colonização rápida das plantas e sob um amplo espectro de condições ambientais, de difusão e multiplicação etc. Entretanto, estas propriedades não podem ser encontradas num único fungo, mas em vários conjuntamente. Então, usando-se uma mistura de inóculos, as diferentes estratégias que eles apresentam podem minimizar a variação e beneficiar a planta hospedeira de forma mais efetiva. Os mesmos autores referem que tem sido utilizada uma mistura com propágulos das espécies de FMAs *Glomus clarum* Nicolson & Schenk e *Gigaspora margarita* Becker & Hall, para a produção de mudas em programas de recuperação de áreas degradadas.

A EMBRAPA Agrobiologia emprega como técnica de recuperação de áreas degradadas plantas inoculadas com rizóbio e FMAs. No caso destes, as mudas recebem um grama de inóculo misto, isto é, uma mistura de FMAs, a qual contém substrato, esporos, micélio e raízes colonizadas (AQUINO et al., 2005).

Após a elucidação de certas questões sobre o funcionamento das micorrizas, poderá ser viabilizado o emprego de muitas espécies vegetais que ainda não podem ser utilizadas em programas de recuperação de áreas degradadas (REIS & KAGEYAMA, 2003), fato que estimula a realização de pesquisas sobre este assunto.

2.5. *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA)

Diversas são as características desejáveis que uma espécie vegetal deve ter para ser considerada apta a ser utilizada nos estádios iniciais de estabelecimento, entre as quais podem ser

citadas: tolerância ao estresse hídrico, boa adaptação em solos com baixa disponibilidade de nutrientes e bom crescimento para promover o recobrimento do solo e minimizar o processo erosivo (GONÇALVES et al., 2003).

Schinus terebinthifolius Raddi. é uma Anacardiaceae nativa do Brasil. É uma planta heliófita que cresce também em terrenos secos e pobres. Sua copa é arredondada e seu tronco é tortuoso, com casca grossa e fissurada. Ocorre de Pernambuco até o Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul e, devido a sua ampla dispersão, é encontrada em várias formações vegetais, desde a restinga até as florestas pluvial e semidecídua de altitude (LORENZI, 2000). Na Restinga da Marambaia, RJ, é uma espécie muito comum na face das dunas voltada para o oceano (MENEZES et al., 1998), onde imprime um caráter lenhoso (CARVALHO, 2003).

A sua forma biológica varia de arbusto a árvore perenifólia, comumente com dois a dez metros de altura, podendo atingir até quinze metros na idade adulta (CARVALHO, 2003).

Segundo revisão de literatura realizada por CARVALHO (2003), alguns autores a consideram uma espécie pioneira, enquanto outros a consideram secundária inicial a secundária tardia. Todavia, é forte a inclinação para considerá-la pioneira, como é o caso de LORENZI (2000), o que a torna bioindicadora do caráter edáfico dos ambientes naturais ou antropizados (LENZI & ORTH, 2004a).

Espécies pioneiras têm maior potencial de crescimento (GOLÇALVES et al., 2003), o que acelera a formação de um habitat mais adequado à recolonização da área degradada por outras espécies, favorecendo a sucessão ecológica.

Há divergência entre os estudiosos no campo da morfologia e biologia floral da aroeira-pimenteira. Para CARVALHO (2003) a planta é monóica, enquanto que para LENZI & ORTH (2004a) e LENZI & ORTH (2004b), embora as flores sejam semelhantes quanto à cor e à forma, a planta é dióica, uma vez que os mesmos atestaram que as flores masculinas desta espécie possuem um gineceu rudimentar, sem óvulo funcional no interior do ovário, ao passo que as femininas, um androceu com estames reduzidos e ausência de produção de pólen. Estas informações a respeito da ecologia da espécie são relevantes nos plantios, pois a dioiccia implica que a fecundação é cruzada e, portanto, devem ser utilizadas plantas masculinas e femininas.

De acordo com ZAMITH & SCARANO (2004), a aroeira-pimenteira, no Estado do Rio de Janeiro, frutifica nos meses de abril a julho e em outubro e novembro, enquanto que LORENZI (2000) afirma que a frutificação ocorre predominantemente entre janeiro e julho, com o florescimento se dando principalmente nos meses de setembro a janeiro. LENZI & ORTH (2004a) verificaram dois períodos de floração da espécie no ano, em restinga na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC: um de outubro a novembro, e outro de fevereiro a abril, cuja frutificação se iniciou trinta dias após a floração, em ambos os períodos.

Apesar de o pólen ser produzido apenas pelas flores masculinas, as flores de ambos os sexos produzem néctar, o que concorre para a visitação de ambas pelos agentes polinizadores. A espécie apresenta a síndrome da entomofilia, já que as flores são visitadas por uma diversidade da entomofauna (diferentes abelhas, vespas e moscas), o que a habilita como generalista e aumenta as chances de vários insetos serem seus potenciais polinizadores (LENZI & ORTH, 2004a). Desta maneira, a proximidade de áreas de cultivo da aroeira-pimenteira aos remanescentes de restinga garantiria tanto a sobrevivência de inúmeras espécies animais e vegetais como a das próprias populações de *Schinus terebinthifolius* (LENZI & ORTH, 2004b).

Para LENZI & ORTH (2004b), em áreas de cultivo, *Apis mellifera* seria o método mais indicado para aumentar a frutificação da aroeira-pimenteira, pois se constatou que a maior presença desta abelha exótica em uma área perturbada foi responsável por uma média de polinização maior.

Os frutos são drupáceos, pequenos, com 4 a 5,5 mm de diâmetro e levemente achatados no comprimento; por persistirem na árvore são também responsáveis pelo uso paisagístico da espécie (CARVALHO, 2003), conferindo-lhe belo efeito. Quando macerados, exalam odor característico. A semente, única por fruto, é reniforme, apresenta um envoltório membranáceo, liso, de coloração amarelo-clara e com uma mancha marrom escura (CARMELLO-GUERREIRO & PAOLI, 1999).

Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, as quais apresentam taxa de germinação superior a 50% (LORENZI, 2000). CARVALHO (2003) afirma que o potencial germinativo das sementes desta espécie está, em média, em torno de 80%, o que é considerado alto, e as sementes germinam entre 10 e 70 dias.

Sua madeira, de grande durabilidade natural, é utilizada para moirões, esteios, lenha e carvão. A árvore é muito ornamental, principalmente durante o período em que os frutos persistem na planta. Pelo porte pequeno, é indicada para a arborização de ruas estreitas e sob fios elétricos; entretanto, pode causar alergia em pessoas sensíveis que entram em contato com suas folhas. As flores são melíferas, o que denota potencial apícola (LORENZI, 2000).

A aroeira-pimenteira não é consumida nem assediada pelo gado e, por ser naturalmente encontrada em algumas áreas de pastagens e ser perenifólia, pode ser plantada nestes locais a fim de proporcionar abrigo aos animais contra a insolação direta (BAGGIO, 1988).

A Figura 1 mostra o aspecto de uma das matrizes de aroeira-pimenteira da qual foram colhidos frutos para a realização deste estudo.



Figura 1. Aspecto geral de uma das matrizes de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), em frutificação, empregadas no estudo.

Esta espécie é uma planta com grande aroma de terebintina (LORENZI, 2000). A terebintina é uma fração volátil obtida pela destilação da resina presente na madeira, e endurece em contato com o ar. Algumas espécies florestais produzem a terebintina, como *Pinus*, cuja importância industrial é considerável, uma vez que esta substância, de acordo com BRITO et al.

(1980), tem aplicações diversas no campo químico e farmacêutico, sendo utilizada como solvente de tintas e vernizes, cânfora sintética, etc. Outros usos da terebintina incluem a composição de fungicidas, bactericidas e germicidas. Segundo CARVALHO (2003), a resina terebintácea extraída da casa da aroeira-pimenteira é conhecida por mástique.

GUERRA et al. (2000) observaram que o extrato fluido de folhas de *Schinus terebinthifolius* apresentou uma resposta crescente na atividade microbiana sobre as bactérias *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e sobre o fungo *Candida albicans*, conforme a concentração aumentou de 1% até 80%, o que respaldou cientificamente o tradicional papel antimicrobiano da espécie.

A dispersão de sementes por animais, a zoocoria, é o principal mecanismo de dispersão dos vegetais em florestas tropicais. Os animais dispersores normalmente se encontram em áreas onde há plantas “bagueiras”, que são aquelas que atraem muitos animais quando seus frutos estão maduros (REIS & KAGEYAMA, 2003). Neste contexto estão inseridas as espécies botânicas do gênero *Schinus*, da família das Anacardiáceas, cujos agentes dispersores são as aves (SILVA, 2003). Desta maneira. A aroeira-pimenteira se torna uma amplamente recomendada para a revegetação em nosso país, sendo considerada uma espécie-chave. Todavia, devido a esta característica, se tornou uma exótica invasora no sul dos EUA (CARVALHO, 2003), mais precisamente na Flórida, chegando a se tornar uma ameaça ao ecossistema natural do Parque Nacional do Everglades, na Flórida, devido a sua adaptação e rápida dispersão (PEDROSA-MACEDO et al., 2006). Foi introduzida naquele país para uso ornamental, onde ficou conhecida como “pepper tree”. Segundo LOWE et al. (2004), é uma das cem espécies exóticas mais invasoras do mundo, em função da severidade de seu impacto sobre a diversidade biológica. Tal condição tem motivado inúmeros estudos no Brasil e em países estrangeiros sobre a ecologia desta espécie.

Schinus terebinthifolius, agressiva invasora de áreas perturbadas e nativas da Flórida, EUA, em comparação com quatro espécies nativas, foi a menos afetada pela sazonalidade da precipitação pluviométrica e a mais tolerante quanto ao encharcamento do solo na época das chuvas (EWE & STERNBERG, 2002).

FURMANN et al. (2005) estudaram o efeito no campo de *Pseudophilothrips ichini* (Hood), ordem Thysanoptera, no desenvolvimento de *Schinus terebinthifolius*, e constataram que as infestações natural e forçada foi responsável pela perda de biomassa, mostrando que este artrópodo é um potencial agente de controle da aroeira-pimenteira.

Pelo fato de seus frutos possuírem a aparência de uma pequena pimenta de coloração rosa-avermelhada, a planta é conhecida popularmente como aroeira-vermelha, aroeira-pimenteira, pimenta brasileira e pimenta-rosa (LENZI & ORTH, 2004b). Os frutos (Figura 2), com bonita aparência e sabor suave e levemente apimentado, podem ser consumidos inteiros ou moídos, e foram introduzidos na cozinha européia com o nome de “poivre rose” (CARVALHO, 2003), enquanto que também é internacionalmente conhecida como “pink-pepper” e “brazilian pepper tree” nos EUA.

Atualmente, a espécie vem se destacando cada vez mais pelo consumo de seus frutos (pimenta-rosa), cuja demanda tem aumentado muito, tanto no mercado nacional como no internacional, que os utiliza como condimento alimentar (LENZI & ORTH, 2004b).

As sementes apresentam comportamento ortodoxo, isto é, podem ser armazenadas com um baixo teor de umidade e temperatura, mantendo sua viabilidade por um maior período de tempo (CARVALHO et al., 2006; CARVALHO, 2003).

SOUZA et al. (2004) perceberam que as sementes dos frutos de aroeira-pimenteira coletados apresentando coloração laranja (estádio intermediário de maturação) ou vermelha

(estádio maduro) apresentaram médias de germinação significativamente superiores àqueles da classe verde (mais imaturos), e não diferiram significativamente entre si. Portanto, para obter sementes desta espécie com maior qualidade fisiológica, devem ser colhidos frutos de coloração vermelha ou laranja.

MEDEIROS & ZANON (1998) sugerem que nos testes de germinação de *Schinus terebinthifolius* sejam empregados os substratos papel toalha, no sistema de rolo, sob a temperatura de 20°C, ou areia a 20°C ou a 25°C, ressaltando que a areia apresenta as vantagens: é menos favorável ao desenvolvimento de microrganismos, mais barato e possível de ser lavado e esterilizado com facilidade.



Figura 2. Detalhe dos frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA).

CARVALHO (2003) afirma que frutos vermelhos e roxos atraem fortemente a avifauna. Neste caso, como os frutos de *Schinus terebinthifolius* atraem e alimentam estes animais, os quais podem se tornar agentes disseminadores não só de suas sementes (LORENZI, 2000; CARVALHO, 2003), o emprego desta espécie em programas de recomposição de áreas degradadas de restinga colabora com o processo de recuperação ambiental.

Segundo SANTOS (2003), *Schinus terebinthifolius* é uma espécie que tem sido empregada no Projeto Mutirão Reflorestamento de áreas de preservação permanente e áreas contíguas a estas e a unidades de conservação, além de áreas de encosta desmatadas no município do Rio de Janeiro, RJ.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Teste de germinação para sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA)

O teste de germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi., as quais foram empregadas na avaliação de substratos para produção de mudas, foi realizado no Laboratório de Análises de Sementes do Departamento de Fitotecnia do Instituto de Agronomia da UFRRJ. As sementes foram obtidas a partir da coleta de frutos maduros de duas matrizes localizadas na Pesagro, em Seropédica, RJ. O substrato empregado foi areia lavada esterilizada em autoclave, a qual foi distribuída em recipientes de plástico transparente e descartável, com capacidade volumétrica de 600mL, previamente higienizados com álcool a 90%. Posteriormente foi realizado o umedecimento do substrato com quantidade de água destilada até atingir 60% da sua capacidade máxima de retenção hídrica (capacidade de campo), conforme BRASIL (1992). A instalação do teste ocorreu em torno de 20 dias após a coleta dos frutos, os quais estiveram, durante este período, armazenados em saco de papel e mantidos em condições sem controle. O teste de germinação foi realizado com a técnica entre areia, na qual a distribuição das sementes é efetuada sobre uma camada uniforme de areia umedecida, com posterior cobertura das sementes com um a dois centímetros de areia solta.

Apesar de LORENZI (2000) recomendar que os frutos colhidos maduros podem ser utilizados diretamente como se fossem “sementes”, as sementes foram despulpadas a fim de que se minimizassem os riscos de infecção por microrganismos patogênicos, os quais poderiam se beneficiar do material nutritivo presente na polpa. Desta maneira, após terem sido despulpadas com o auxílio de peneira plástica com malha fina, as sementes foram higienizadas com solução de hipoclorito de sódio a 1%, por aproximadamente três minutos, foram semeadas quatro subamostras (repetições) de cinquenta sementes cada. As sementes foram mantidas em germinadores previamente higienizados com álcool a 90%, sob duas temperaturas: 20°C e 25°C, na ausência de luz. As temperaturas empregadas seguiram informações na literatura, segundo a qual a temperatura ótima para a germinação das sementes de espécies tropicais está entre 20°C e 30°C (FIGLIOLIA et al., 1993).

A Figura 3a mostra as subamostras submetidas a uma das temperaturas empregadas, no germinador.

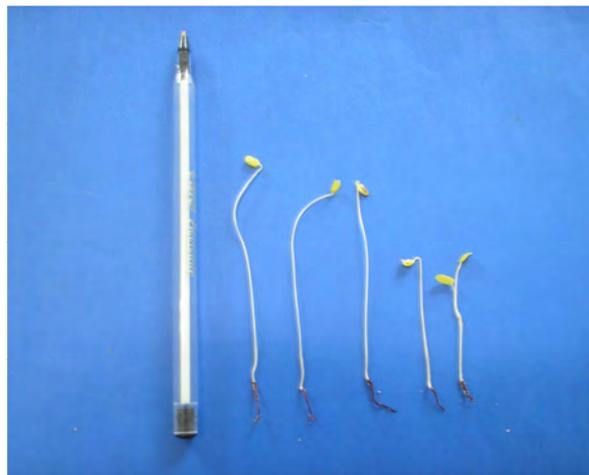
O delineamento do teste foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições para cada temperatura, em esquema fatorial, no qual se estudou a germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* em duas temperaturas, em um mesmo substrato.

Em cada avaliação no teste, foram consideradas as plântulas emergidas que apresentaram comprimento igual ou superior a 1 cm.

Durante o teste, que durou 30 dias, foram realizadas quatro avaliações, uma a cada semana, nas quais se considerou a percentagem de germinação, as plântulas normais na primeira contagem, as plântulas anormais, sementes não germinadas (mortas e duras, embebidas), bem como o comprimento das plântulas (em centímetros) (Figura 3b).



(3a)



(3b)

Figura 3. Recipientes plásticos empregados no teste de germinação, acondicionados em germinador (3a) e detalhe de plântulas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA).

3.2. Teste de substratos para a produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares

O teste de produção de mudas micorrizadas de *Schinus terebinthifolius*, com diferentes tipos de substratos, foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da UFRRJ, Seropédica, RJ, iniciando-se em junho de 2005. As mudas de *Schinus terebinthifolius* foram produzidas em tubetes plásticos com capacidade de 280 ml de volume. Foram testados dois tipos de substratos, ambos na presença e na ausência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs):

* Substrato 1 (S1), na proporção 30:30:30:10 em volume, constituído de uma mistura contendo, respectivamente: 300 g/dm³ de **LETRIP**; 300 g/dm³ de material coletado em um horizonte B de uma Argissolo Vermelho-Amarelo com 50% de argila; 300 g/dm³ de areia lavada e peneirada e 100 g/dm³ fosfato de rocha (Fosfato de Araxá);

* Substrato 2 (S2), na proporção em volume 30:30:30:10, constituído, respectivamente, de 300 g/dm³ de **esterco bovino curtido**; 300 g/dm³ de material coletado em um horizonte B de uma Argissolo Vermelho-Amarelo com 50% de argila; 300 g/dm³ de areia lavada e peneirada e 100 g/dm³ fosfato de rocha (Fosfato de Araxá).

O LETRIP (lodo da estação de tratamento de resíduos industriais da Petroflex S. A.), de acordo com a NBR 10.007, é considerado um resíduo não inerte (Classe II).

De acordo com FREIRE et al. (1988), o LETRIP apresentou alto teor disponível de Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺, enquanto o esterco, médio teor; em ambos os componentes, o teor disponível de P e K encontrado foi considerado muito alto, sendo notável o de P em LETRIP e o de K no esterco (Tabela 1). Desta maneira, o uso de ambos pode ser justificado como fonte deste elemento para as plantas, principalmente levando-se em conta o alto custo dos adubos-fonte destes nutrientes.

Os substratos foram homogêneos e desinfestados separadamente em betoneira, com aplicação do fungicida Benomyl (Formulação Pó Molhável 50%), na dosagem de 20mg/kg de substrato, segundo KAHILUOTO & VESTBERG (2000). A seguir, os substratos foram

umedecidos e encerrados em sacos plásticos por três dias, ao final dos quais foram deixados secar, cobertos por lona plástica preta, por aproximadamente sete dias.

Tabela 1. Resultados da análise química dos componentes empregados na elaboração dos substratos, para a produção de mudas de aroeira-pimenteira

	pH em água	Al	ANÁLISE			P	K
			Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		
			(cmol _c .dm ⁻³)			(mg.dm ⁻³)	
ARGILA	4,7	0,4	0,3	0,2	0,1	*	47,4
LETRIP	6,6	0,1	7,0	5,3	1,7	2268,0	727,0
ESTERCO	7,4	0,1	2,6	1,3	1,3	294,8	2928,0

* - teor não detectável

Cada tubete, em um orifício de 1 cm de profundidade, recebeu 4 sementes e, nos tratamentos que receberam inoculações com fungos micorrízicos, foi adicionada uma medida-padrão contendo uma mistura equilibrada com esporos das espécies *Gigaspora margarita* Becker & Hall e *Glomus clarum* Nicolson & Schenk, que são as espécies de maior demanda nos trabalhos de inoculação desenvolvidos pela EMBRAPA Agrobiologia. Depois, cobriu-se com o respectivo substrato. Os inóculos utilizados foram produzidos em cultura estoque de *Brachiaria decumbens* Staft.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, com 24 repetições. Nas parcelas foram avaliadas as duas fontes diferentes de adubo e condicionador do substrato, a saber: LETRIP (componente de S1) ou esterco bovino curtido (componente de S2) e, nas subparcelas, a presença e a ausência de inoculação das mudas com fungos micorrízicos arbusculares, totalizando quatro tratamentos: **(a)** S1 sem inoculação com FMA; **(b)** S1 com inoculação com FMAs; **(c)** S2 sem inoculação; **(d)** S2 com inoculação.

A semeadura ocorreu aproximadamente 10 dias após a coleta dos frutos. O beneficiamento das sementes seguiu a mesma metodologia empregada no teste de germinação.

Com a finalidade de se manter um equilíbrio da microbiota entre os tratamentos estudados, foram adicionados, a cada recipiente dos tratamentos sem fungos micorrízicos, 2mL de um filtrado do inoculante micorrízico, isento de propágulos destes microorganismos.

O preparo do filtrado foi realizado com o processamento de aproximadamente 40g do inóculo com 400mL de água destilada, em liquidificador. O material triturado foi passado uma vez por peneira de 0,053mm e duas vezes por papel de filtro. Após adicionar o filtrado aos recipientes, seguiu-se a irrigação, para homogeneizar a penetração do mesmo nos poros do substrato.

Quando as plântulas apresentaram um par de folhas definitivas, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por tubete. Após 120 dias da semeadura, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura (ALT), diâmetro das plantas à altura do coleto (DIAM), massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), conteúdo (CONT) de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) da parte aérea (PA) e da raiz (R), o número de esporos presente no substrato dos tratamentos e a porcentagem do comprimento de raízes colonizadas das plantas de aroeira (COLRAIZ). A Figura 4 ilustra a disposição das mudas de *Schinus terebinthifolius* nos tubetes, na casa de vegetação.

O material coletado foi fracionado em parte aérea e raiz e secado em estufa de circulação de ar forçado a 65°C durante 48 horas, passando por pesagens até atingir massa constante, para determinação da massa seca da parte aérea e a das raízes. Posteriormente, todo o material foi moído para a realização da análise dos nutrientes N, P e K no extrato (TEDESCO et al., 1995).



Figura 4. Detalhe das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA) em casa de vegetação.

De cada amostra analisada, foram empregados 50cm³ de terra, previamente seca à sombra, para a extração dos esporos dos fungos micorrízicos arbusculares, de acordo com a técnica do peneiramento úmido (GERDEMANN & NICOLSON, 1963), utilizando peneiras com malhas de 38µm, seguida por centrifugação em sacarose. Uma vez extraídos, obteve-se o número total de esporos presentes em cada amostra, com o auxílio de microscópio estereoscópico.

O sistema radicular foi lavado em água destilada e em seguida colocado em papel absorvente para retirar-se o excesso de umidade. Para a avaliação da colonização dos fungos micorrízicos, separou-se 0,5g de raízes finas (< 1,00 mm de diâmetro) localizadas junto ao substrato. Este material foi conservado em etanol 50%, para o posterior clareamento e coloração conforme as metodologias propostas por KOSKE & GEMMA (1989) e GRACE & STRIBLEY (1991). As raízes, lavadas com água corrente, permaneceram cobertas com solução de KOH a 2,5%, por 24 horas. Em seguida, foram novamente lavadas em água corrente e permaneceram imersas em H₂O₂ alcalina a 3%, por aproximadamente 30 minutos. O material passou por nova lavagem com água corrente e foi coberto com HCl 1%, por 24 horas. Removeu-se o HCl, sem lavar o material, que, depois, foi corado com solução de azul de metila. Por fim, as raízes foram armazenadas em solução ácida de glicerol claro, até o momento da avaliação.

A porcentagem do comprimento de raízes finas colonizadas foi avaliada pelo método da interseção em placa quadriculada, descrito no trabalho de GIOVANETTI & MOSSE (1980), adaptado a partir do método de medida de comprimento de raízes de NEWMAN (1966), citados por HUNGRIA & ARAÚJO (1994).

A avaliação da altura das plantas foi realizada com régua centimetrada (Figura 5a), enquanto o diâmetro das plantas à altura do colo foi avaliado com auxílio de paquímetro digital (Figura 5b).

Os resultados de ambos os testes executados neste capítulo foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F de Snedecor e análise das médias com aplicação do teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Estes testes e análise foram realizados com o auxílio do “software” SAEG-5.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – Universidade Federal de Viçosa). Na avaliação da homogeneidade das variâncias foi empregado o teste de Cochran-Bartlett e, na análise da normalidade, o teste de Lilliefors. Foram utilizadas também análises descritivas para comparação simples de alguns resultados em tabelas, quadros e gráficos.



(5a)



(5b)

Figura 5. Tomada da altura das plantas (5a) e obtenção do diâmetro do caule das plantas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (AROEIRA-PIMENTEIRA). (5b).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teste de germinação para sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA)

O teste de germinação determina a proporção de sementes vivas numa amostra e capazes de produzir plantas normais sob condições favoráveis. Permite avaliar o valor da semente para o plantio e comparar o valor de diferentes lotes (POPINIGIS, 1977).

Para as variáveis analisadas no teste de germinação de sementes de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius*), não houve diferença estatística entre os tratamentos empregados, com exceção apenas para a variável número de plântulas normais na primeira contagem (Tabela 2).

Tabela 2. Variáveis avaliadas no teste de germinação de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA)¹

VARIÁVEIS	TRAT	
	20°C	25°C
% GERMINAÇÃO	56a	60a
% PLÂNTULAS NORMAIS NA 1ª CONTAGEM	0b	10a
% PLÂNTULAS ANORMAIS	2a	2a
% SEMENTES NÃO GERMINADAS	42a	38a
COMPRIMENTO PLÂNTULA (cm)	7,0a	6,7a

¹Valores médios de quatro repetições. Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Sob a temperatura de 20°C, só foi verificada a germinação das sementes em substrato areia na segunda avaliação, ou seja, 14 dias após a instalação do teste. Entretanto, logo na primeira avaliação, que ocorreu 7 dias após a instalação, já foi constatada a germinação de 10% das sementes de aroeira-pimenteira, em substrato areia, sob a temperatura de 25°C. Portanto, esta temperatura favoreceu a emergência em um menor tempo. Para CARVALHO (2003), as sementes desta espécie germinam entre 10 e 70 dias, e o percentual de germinação, que gira, em média, em torno de 80%, é considerado alto.

O elevado percentual de sementes não germinadas, em torno de 42% e 38% do total de sementes, respectivamente, sob as temperaturas de 20°C e 25°C, contribuiu para o baixo percentual de germinação das sementes. O baixo percentual de germinação das sementes de aroeira-pimenteira verificado no presente teste diverge do obtido por MEDEIROS & ZANON (1998), segundo os quais, em areia, o percentual de germinação a 20°C foi de 81,5%, enquanto que a 25°C foi de 79,3%. Porém, pelo fato de a espécie estudada possuir sementes ortodoxas (CARVALHO et al., 2006; CARVALHO, 2003), acredita-se que o tempo transcorrido entre a coleta dos frutos e a sementeira (20 dias) não tenha influenciado neste resultado. Também foi descartada a possibilidade de tal resultado ter ocorrido por falta de água nos recipientes no germinador, uma vez que não houve deficiência de umidade no substrato.

Além disto, quando as sementes do mesmo lote foram empregadas na implantação do teste de substrato em casa de vegetação, observou-se que, 14 dias após a sua instalação, ocorreu a emergência de plântulas em aproximadamente 80% dos vasos.

Este resultado está de acordo com os divulgados por LORENZI (2000), o qual afirma que, com a semeadura a pleno sol, a emergência de plântulas de *Schinus terebinthifolius* ocorre entre 10 e 15 dias e que a taxa de germinação é superior a 50%.

Partindo da premissa que a germinação em casa de vegetação, onde houve incidência solar direta, foi elevada, a baixa porcentagem de germinação nas condições testadas em laboratório levam a crer que este resultado pode ter ocorrido em função de as sementes terem sido submetidas à germinação em ausência de luz. Esta constatação é reforçada pelo fato de a espécie pertencer ao grupo ecológico das pioneiras, as quais, em geral, apresentam as seguintes características: germinação elevada das sementes sob incidência luminosa direta, grande produção de sementes e frutos, sementes caracteristicamente pequenas e ortodoxas.

VÁLIO & SCARPA (2001) estudaram o comportamento germinativo de sementes de *Miconia chamissois* Naud. (sabiazeira), uma espécie arbustiva, e *Cecropia hololeuca* Miq. (embaúba-branca), *Cecropia pachystachya* Trec. (embaúba), *Cecropia glazioui* Snethl. (embaúba-vermelha), *Solanum gracillimum* Sendt., *Solanum granuloso-leprosum* Dun. (gravitinga), *Solanum tabacifolium* Salsm. e *Croton floribundus* Lund. (capixingui), sete arbóreas pioneiras tropicais. Foram testadas, em condições controladas, temperaturas alternadas dentro da faixa de 5° C a 25 °C e baixas razões de vermelho:vermelho extremo e, em condições naturais, a germinação em clareira e sob o dossel. Com exceção de *Croton floribundus*, todas as demais espécies se mostraram fotoblásticas, isto é, apresentaram influência da luz sobre a germinação. Altas porcentagens de germinação foram encontradas sob condições de luz, sendo que a germinação foi drasticamente reduzida sob baixas razões de vermelho/vermelho extremo, o que denota que as espécies são fotoblásticas positivas, caso em que as sementes só germinam ou germinam muito melhor na luz. A exceção se deu para *Solanum tabacifolium*, que se comportou como espécie fotoblástica negativa em algumas temperaturas. Em condições naturais, a baixa relação vermelho/vermelho extremo que predomina sob o dossel parece ser o fator mais importante na germinação. Em condições controladas, não foi encontrada relação entre a porcentagem de germinação e a amplitude de temperaturas, da mesma forma que a alternância de temperatura não foi o principal fator a influenciar a germinação em condições naturais.

Um dado importante a ser discutido é o fato de ter sido observada a ocorrência de duas espécies de fungos patogênicos, *Pestalotia* sp. e *Curvularia* sp., em aproximadamente 5% e 12% das plântulas normais sob a temperatura, respectivamente, de 20°C e 25°C. Em ambas as temperaturas, isto se deu apenas na 2ª contagem. Embora os fungos tenham se restringido aos tegumentos das sementes que ainda estavam presos à parte aérea das plântulas e não tenham comprometido o desenvolvimento das mesmas, e este fato não tenha sido observado nas demais contagens, isto é um indicativo de que o tratamento de desinfestação das sementes não foi eficaz, embora tenham sido seguidas as recomendações que constam nas Regras para Análise de Sementes.

Apesar disto, não se pode concluir que as sementes empregadas não tenham apresentado a qualidade necessária para uso na produção de mudas, com vistas à recuperação ambiental. Este raciocínio se baseia tanto na rápida emergência quanto no rápido crescimento da espécie florestal em casa de vegetação, na qual as condições podem ser severas, como por exemplo, a ocorrência de temperaturas acima da ótima, até mesmo porque a taxa de sobrevivência das mudas foi de 100%.

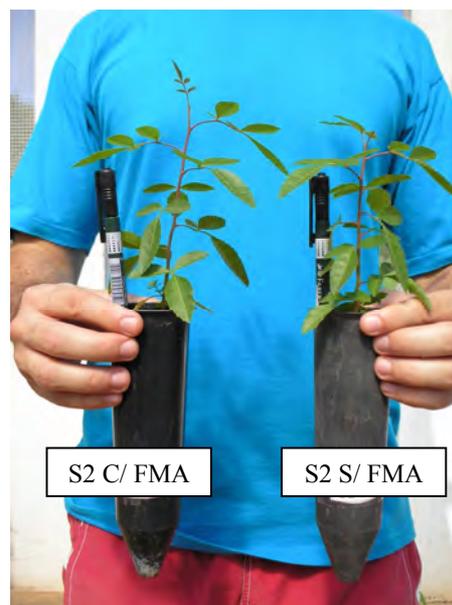
Deste modo, o estudo concorda com LORENZI (2000), CARVALHO (2003) e SOUZA et al. (2001), segundo os quais *Schinus terebinthifolius* tem elevado potencial de utilização na produção de mudas para a recuperação de áreas degradadas, inclusive de Restingas, conforme o estabelecido pela Resolução SMA nº 21, de 21 de novembro de 2001.

4.2. Teste de substratos para a produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares

A Figura 6 ilustra as comparações do aspecto geral das mudas de *Schinus terebinthifolius* (aroeira-pimenteira) realizadas, quando as mesmas ainda estavam nos recipientes.



(6a)



(6b)



(6c)



(6d)

Figura 6. Comparação entre mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA) produzidas em S1 (LETRIP), inoculadas e não inoculadas com FMAs (6a); em S2 (esterco), inoculadas e não inoculadas com FMAs (6b); em S2 e em S1 inoculadas com FMAs (6c); e em S2 e em S1 não inoculadas com FMAs (6d).

O substrato S2, que recebeu esterco bovino em sua constituição, foi responsável pelo desempenho significativamente superior das mudas de aroeira-pimenteira em todas as variáveis de crescimento (Tabela 3) e nutrição (Tabela 4) analisadas, com exceção para a colonização das raízes (COLON.RAIZ), a qual foi superior nas mudas produzidas em S1 (com LETRIP).

Dentre nove espécies arbóreas plantadas em uma área degradada em Itutinga, MG, *Schinus terebinthifolius* foi a que mais se beneficiou da adubação de esterco bovino, tendo apresentado ganhos de 70,5% na altura e de 93% na área da copa (FARIA et al., 1997).

Tabela 3. Valores médios comparativos entre os tratamentos com LETRIP e com esterco, para os dados vegetativos e a colonização micorrízica das raízes das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), 120 dias após a semeadura¹

TRATAMENTO	VARIÁVEIS				
	ALT* (cm)	DIAM* (mm)	MSPA* (g)	MSR* (g)	COLON.RAIZ* (%)
S1 [»]	11,1b	2,65b	0,65b	0,23b	67,1a
S2 [»]	13,0a	3,83a	1,07a	0,45a	0,0b

¹Valores médios de vinte e quatro repetições. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). * ALT = altura; DIAM = diâmetro do caule; MSPA = massa seca de parte aérea; MSR = massa seca de raiz; COLON.RAIZ = colonização micorrízica da raiz. [»] S1 = substrato à base de LETRIP; S2 = substrato à base de esterco bovino.

Tabela 4. Valores médios comparativos entre os tratamentos com LETRIP e com esterco, para os dados do conteúdo de nutrientes das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), 120 dias após a semeadura¹

TRATAMENTO	VARIÁVEIS					
	CONTNPA	CONTNR	CONTPPA	CONTPR	CONTKPA	CONTKR
(g.kg ⁻¹ massa seca)						
S1 [»]	1,47b	0,35b	0,01b	0,01b	0,13b	0,04b
S2 [»]	2,99a	0,62a	0,02a	0,02a	0,42a	0,08a

¹Valores médios de vinte e quatro repetições. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). * CONTNPA = conteúdo de nitrogênio da parte aérea; CONTNR = conteúdo de nitrogênio da raiz; CONTPPA = conteúdo de fósforo da parte aérea; CONTPR = conteúdo de fósforo da raiz; CONTKPA = conteúdo de potássio da parte aérea; CONTKR = conteúdo de potássio da raiz. [»] S1 = substrato à base de LETRIP; S2 = substrato à base de esterco bovino.

TRINDADE et al. (2000) testaram a influência de diferentes concentrações de esterco bovino de curral maturado (0, 5, 10, 20 e 30%) no substrato à base de solo de textura franco-argilo-arenosa, na produção de mudas de *Carica papaya* L. (mamoeiro), comparando os tratamentos com e sem inoculação com *Glomus etunicatum*. O esterco promoveu máximo crescimento das mudas nas doses de 20% e 30%, ao passo que a inoculação das mudas foi eficiente para o seu crescimento apenas até a dose de 10% de esterco. A colonização radicular por este FMA manteve-se alta até à dose de 20% de esterco, reduzindo significativamente sob a dose de 30%.

De uma maneira geral, não houve diferença significativa entre os tratamentos sem e com inoculação das mudas com relação às variáveis de crescimento (Tabela 5) e de nutrição testadas

(Tabela 6). As exceções se concentraram nas variáveis conteúdo de potássio na raiz (CONTKR) e colonização de raízes finas (COLON.RAIZ), as quais foram beneficiadas pela inoculação, e massa seca de raiz (MSR), conteúdo de nitrogênio na raiz (CONTNR) e conteúdo de fósforo na raiz (CONTPR), que apresentaram médias superiores nos tratamentos-testemunha, isto é, sem FMAs.

Quando a disponibilidade de fósforo na solução do solo se apresenta elevada, a planta não micorrizada pode ser capaz de absorver fósforo tanto quanto a micorrizada; nesta situação, o fungo se torna um encargo energético para a planta, sem o devido retorno em benefício nutricional (SAGIN JÚNIOR & SILVA, 2005). Acredita-se que este foi o motivo pelo qual as plantas não micorrizadas apresentaram um desempenho significativamente superior ao das micorrizadas, em relação a algumas variáveis (MSR, CONTNR e CONTPR).

Tabela 5. Valores médios dos dados vegetativos e da colonização micorrízica das raízes das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), não inoculadas e inoculadas com uma mistura equilibrada de *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, 120 dias após a semeadura¹

TRAT	VARIÁVEIS				
	ALT* (cm)	DIAM* (mm)	MSPA* (g)	MSR* (g)	COLON.RAIZ* (%)
SEM FMAs	12,1a	3,35a	0,91a	0,40a	17,3b
COM FMAs	12,0a	3,13a	0,81a	0,28b	49,8a

¹Valores médios de vinte e quatro repetições. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). * ALT = altura; DIAM = diâmetro do caule; MSPA = massa seca de parte aérea; MSR = massa seca de raiz; COLON.RAIZ = colonização micorrízica da raiz.

Tabela 6. Valores médios dos dados do conteúdo de nutrientes das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), não inoculadas e inoculadas com uma mistura equilibrada de *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, 120 dias após a semeadura¹

TRAT	VARIÁVEIS					
	CONTNPA*	CONTNR*	CONTPPA*	CONTPR*	CONTKPA*	CONTKR*
	(g.kg ⁻¹ massa seca)					
SEM FMAs	2,31a	0,60a	0,02a	0,02a	0,29a	0,05b
COM FMAs	2,15a	0,37b	0,02a	0,01b	0,27a	0,07a

¹Valores médios de vinte e quatro repetições. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). * CONTNPA = conteúdo de nitrogênio da parte aérea; CONTNR = conteúdo de nitrogênio da raiz; CONTPPA = conteúdo de fósforo da parte aérea; CONTPR = conteúdo de fósforo da raiz; CONTKPA = conteúdo de potássio da parte aérea; CONTKR = conteúdo de potássio da raiz.

Na produção de mudas de *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula (jurema-branca), SIBINEL (2003) observou que em substrato rico em fósforo (30% de composto orgânico, 30% de solo argiloso e 40% de areia, fertilizado com 4 kg de fosfato de rocha.kg⁻¹ substrato), a altura, a massa seca, o conteúdo de nitrogênio e de fósforo da parte aérea das mudas não foram beneficiados pela inoculação com os fungos micorrízicos *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum*,

pois a própria fertilidade do substrato foi suficiente para promover o desenvolvimento das plantas.

Outros autores encontraram resultados semelhantes aos do presente estudo. CARMO et al. (2004) constataram que não houve benefícios da inoculação no crescimento das mudas *Schinus terebinthifolius*, provavelmente devido ao elevado teor de P (652 mg.dm^{-3}) presente no substrato (uma mistura de 50% de composto de resíduo de lixo e 50% de composto orgânico, areia e argila), que pode ter prejudicado a contribuição dos FMAs às plantas.

MOREIRA et al. (2004) verificaram que, na produção de mudas de *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula (jurema branca), não houve diferenças significativas de crescimento entre as mudas micorrizadas e as não micorrizadas. Os autores atribuíram estes resultados aos elevados teores de fósforo e de pH nas formulações de substrato testadas.

SCHIAVO & MARTINS (2002), para as variáveis analisadas (matéria seca e os conteúdos de N e P da parte aérea), não detectaram diferenças significativas entre as mudas de *Psidium guajava* L. (goiabeira) produzidas em presença e em ausência de *Glomus clarum*. Este resultado se deveu, segundo os autores, a alterações fisiológicas ocasionadas nas mudas pela parede rígida dos tubetes, uma vez que, em comparação com a técnica de produção de mudas em blocos com substrato prensado, confeccionado a partir de resíduos orgânicos, isto não ocorreu. Este recipiente permite o desenvolvimento livre das raízes por todos os lados, sem confinamento ou direcionamento, o que, ao contrário dos tubetes, não teria gerado menor absorção de água e de nutrientes. Apesar disto, e da alta quantidade de P disponível no substrato empregado (uma mistura de bagaço de cana, torta de filtro de usina açucareira e vermiculita), em ambos os tipos de produção (tubetes e blocos prensados), não houve diferença significativa na taxa de colonização micorrízica. Essa boa taxa de colonização foi atribuída ao fato da quantidade elevada de P extraída pelo extrator Mehlich ter sido superior à extraída pelas plantas.

AQUINO & CASSIOLATO (2002) inocularam mudas de *Guazuma ulmifolia* Lamb. (mutambo) com FMAs autóctones provenientes de solo de pastagem degradada e observaram que a inoculação não proporcionou aumento significativo na altura das plantas e nem na produção de matéria seca, sugerindo que tal espécie não é responsiva à micorrização. Entretanto, houve diferença significativa nas taxas de colonização micorrízica nas raízes das plantas com inoculação (68,5%) e sem inoculação (10,2%).

CALDEIRA et al. (1997) avaliaram que, no desenvolvimento de mudas de *Copaifera martii* Hayne (pau-d'óleo) e *Dimorphandra macrostachya* Benth. (ataná), não houve diferença estatística para as variáveis estudadas (altura, diâmetro, massa seca da parte aérea e de raízes), comparando-se os tratamentos com e sem FMAs. Entretanto, a inoculação com *Gigaspora margarita* promoveu uma maior taxa de sobrevivência para as mudas de ambas as espécies, sendo que *Glomus clarum* também aumentou a sobrevivência de *Copaifera martii*. As maiores porcentagens de colonização micorrízica em *Copaifera martii* foram observadas com a inoculação de *Gigaspora margarita*.

Todavia, os resultados encontrados no presente estudo divergem daqueles relatados por outros autores. MENDES FILHO (2004), segundo o qual a presença conjunta de inoculação com fungos micorrízicos (uma mistura de *Glomus clarum*, *Glomus intraradices* e *Gigaspora rosea*) e adubação com composto orgânico foi responsável por ganhos importantes no crescimento (massa seca da parte aérea) e na nutrição (maior incorporação de N e P) de *Cajanus cajan* (L.) Huth (feijão-guandu), *Acacia mangium* Willd. (acácia) e *Schinus terebinthifolius*, já que a foi significativamente superior neste tratamento, em comparação com as mudas adubadas e não inoculadas. Entretanto, é difícil fazer comparações entre os resultados do presente estudo e o estudo do autor anteriormente citado, pois este último não informou o teor de nutrientes presentes

no composto orgânico. Este dado é importante para fazer certas inferências, já que se sabe que em um substrato ou solo rico em nutrientes, principalmente no caso do P, que tende a ser o elemento mais limitante em ambientes de condições tropicais, as plantas, de uma maneira geral, não formam micorriza com os FMAs.

A inoculação de estacas semi-lenhosas de *Malpighia emarginata* D. C. (aceroleira) com *Gigaspora margarita* e com *Glomus etunicatum* proporcionou maior altura, aumentou a biomassa seca da parte aérea e a área foliar, além de ter reduzido o tempo de produção de mudas, em pelo menos dois meses (COSTA et al., 2001).

A inoculação de FMA favoreceu o crescimento das mudas de caféiro durante sua formação, seu desenvolvimento e sobrevivência pós-transplante e sua produção no campo (COLOZZI-FILHO et al., 1994). ALMEIDA et al. (1985a) mostraram que a inoculação de mudas de *Bixa orellana* L. (urucu) com FMAs foi responsável pelo melhor desempenho das plantas, em relação à testemunha.

SUDO et al. (1996) indicam a utilização de FMA na produção de mudas de *Bactris gasipaes* H. B. K. (pupunheira), uma vez que o tratamento com inóculo misto *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* foi responsável por ganhos nutricionais (acúmulo de P, K e N na parte aérea) e no crescimento das mudas (altura, diâmetro à altura do colo, matéria seca da parte aérea e da raiz). Enquanto as raízes das mudas inoculadas apresentaram 53% de colonização micorrízica, as do tratamento testemunha apresentaram 13% de colonização.

CARNEIRO et al. (1998) observaram que mudas de *Schinus terebinthifolius* inoculadas com uma mistura de propágulos de *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*, cultivadas por 150 dias, em condições de casa de vegetação, apresentaram baixa incidência de micorriza arbuscular, baseada na taxa de colonização micorrízica em torno de 19% a 1%. O resultado deste trabalho contrasta com o obtido pelo presente estudo, no caso de TRAT1 e TRAT3, nos quais, respectivamente, a incidência de micorriza arbuscular observada foi média (entre 49% e 29%) e alta (maior que 50%). Não foi possível comparar os resultados dos dois trabalhos no que tange à composição dos substratos, já que CARNEIRO et al. (1998) apenas informaram que usaram solo.

As Tabelas 7 e 8 mostram o desdobramento do efeito da ausência e presença da inoculação com FMAs em S1 e S2.

Tabela 7. Valores médios dos quatro tratamentos testados, para os dados vegetativos e a colonização micorrízica da raiz das mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), 120 dias após a semeadura¹

TRATAMENTO	VARIÁVEIS				
	ALT*	DIAM*	MSPA*	MSR*	COLON.RAIZ*
	(cm)	(mm)	(g)	(g)	(%)
S1» SEM FMAs	11,0b	2,74b	0,68b	0,26b	34,6b
S2» SEM FMAs	13,2a	3,96a	1,14a	0,55a	0c
S1» COM FMAs	11,2b	2,56b	0,62b	0,20b	99,6a
S2» COM FMAs	12,8a	3,69a	1,01a	0,36a	0c

¹Valores médios de vinte e quatro repetições. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). * ALT = altura; DIAM = diâmetro do caule; MSPA = massa seca de parte aérea; MSR = massa seca de raiz; COLON.RAIZ = colonização micorrízica da raiz. » S1 = substrato à base de LETRIP; S2 = substrato à base de esterco bovino.

De uma maneira geral, aos 120 dias após a montagem do experimento, não houve diferença significativa entre as mudas de aroeira-pimenteira submetidas aos pares de tratamento S1 SEM e S1 COM FMAs, e S2 SEM e S2 COM FMAs. Os tratamentos nos quais se empregou S2 foram responsáveis por ganhos em todas as variáveis analisadas, com algumas exceções: com relação aos conteúdos de P e de K na raiz, não houve diferença significativa entre os tratamentos S1 SEM, S2 SEM e S2 COM. Porém, destes três, S2 COM FMAs ocasionou mais do que o dobro de CONTKR das plantas, enquanto que S2 SEM ocasionou o dobro do conteúdo de fósforo na raiz, em comparação com S2 SEM e S1 SEM. Este panorama ratifica o que foi exposto nas Tabelas 3 a 6.

Em seu estudo de produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*, CARMO et al. (2004) verificaram que o percentual de colonização de raiz foi bem maior no tratamento não inoculado (90%) do que no inoculado com uma mistura de inóculos de *Gigaspora margarita* e *Glomus etunicatum* (28%); esta significativa diferença foi atribuída à presença no primeiro tratamento de propágulos nativos provavelmente já adaptados, uma vez que o substrato não foi desinfestado.

Tabela 8. Valores médios dos quatro tratamentos testados, para os dados do conteúdo de nutrientes acumulado nas mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (AROEIRA-PIMENTEIRA), 120 dias após a semeadura¹

TRATAMENTO	VARIÁVEIS					
	CONTNPA*	CONTNR*	CONTPPA*	CONTPR*	CONTKPA*	CONTKR*
	(g/kg massa seca)					
S1 [»] SEM FMAs	1,38 b	0,43 b	0,01 b	0,01 a	0,13 b	0,05 a
S2 [»] SEM FMAs	3,24 a	0,77 a	0,02 a	0,02 a	0,45 a	0,05 a
S1 [»] COM FMAs	1,56 b	0,27 b	0,01 b	0,00 b	0,13 b	0,03 b
S2 [»] COM FMAs	2,74 a	0,48 a	0,02 a	0,01 a	0,40 a	0,11 a

¹Valores médios de vinte e quatro repetições. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). * CONTNPA = conteúdo de nitrogênio da parte aérea; CONTNR = conteúdo de nitrogênio da raiz; CONTPPA = conteúdo de fósforo da parte aérea; CONTPR = conteúdo de fósforo da raiz; CONTKPA = conteúdo de potássio da parte aérea; CONTKR = conteúdo de potássio da raiz. [»] S1 = substrato à base de LETRIP; S2 = substrato à base de esterco bovino.

Apesar de o percentual de colonização de raízes em S1 COM FMAs ter sido o mais elevado dentre todos os outros testados, este tratamento, de uma maneira geral, foi equivalente ao tratamento S1 SEM e ambos foram inferiores a S2 SEM e S2 COM, com relação à altura, diâmetro, massa seca de parte aérea e de raízes e conteúdo de N, P e K. Tal fato está em concordância com resultados obtidos por CALDEIRA et al. (1999), que verificaram que o tratamento com *Gigaspora margarita*, mesmo tendo ocasionado a menor percentagem do comprimento de raízes colonizadas de *Peltogyne venosa* (Vahl) Benth (pau-roxo-da-várzea) e *Sclerolobium paniculatum* Vogel (taxi-branco), em comparação com a inoculação com *Glomus clarum*, com fungos nativos e com o tratamento testemunha (sem inoculação), foi superior ou equivalente ao tratamento sem FMA em altura, diâmetro e massa seca de raízes finas e grossas. Assim sendo, não existe correlação direta entre a percentagem do comprimento de raízes finas colonizadas e a resposta da planta.

É provável que a micorrização seja estimulada sob baixas concentrações de matéria orgânica no solo; por outro lado, quando há farta disponibilidade de nutrientes no solo, como ocorre no caso de acúmulo de matéria orgânica, a micorriza deixa de ser uma associação vantajosa (CAPRONI, 2001). Embora a elevada disponibilidade de nutrientes no esterco bovino possa ter inibido a colonização das raízes das mudas de aroeira-pimenteira inoculadas produzidas em S2, esta situação não se aplicaria ao LETRIP, uma vez que este componente também mostrou elevada disponibilidade de nutrientes e, ainda assim, houve colonização radicular das plantas inoculadas em S1. Acredita-se que possíveis diferenças entre estes dois componentes quanto à natureza física e/ou biológica possa ter influenciado nos resultados.

Espécies pioneiras, como a aroeira-pimenteira (CARVALHO, 2003), são mais responsivas ao fornecimento de fósforo, indicando a necessidade do suprimento adequado deste nutriente para o seu desenvolvimento (RESENDE et al., 1999).

A adição de matéria orgânica ao substrato favorece o desenvolvimento de micorriza (CARNEIRO, 1995); todavia, se o material empregado promover uma elevada disponibilidade de nutrientes na solução do solo, sobretudo de fósforo, a micorrização pode se tornar pouco efetiva na promoção do crescimento das plantas, chegando até mesmo a prejudicar as plantas (FLORES-AYLAS et al., 2003).

FLORES-AYLAS et al. (2003), ao avaliar os efeitos da disponibilidade de fósforo no solo e da micorriza formada por *Glomus etunicatum* no crescimento de seis espécies arbóreas, verificaram que, nos níveis mais baixos de fósforo na solução do solo ($0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$), houve efeito positivo da inoculação com FMAs na altura das plantas. Porém, em condições de P alto ($0,2 \text{ mg.L}^{-1}$), a micorrização foi pouco efetiva em promover o crescimento das plantas e, no caso da aroeira-pimenteira, o efeito da inoculação neste nível de fósforo foi negativo e houve redução dos teores de N nos tecidos desta planta. Esta situação foi observada no presente estudo no caso do substrato à base de esterco; porém, o LETRIP, empregado na formulação do outro tipo de substrato, embora tenha sido tão rico em P e K e até mais rico em Ca e Mg do que o esterco, não conduziu a resultado semelhante. Isto leva a crer que este material pode ter imprimido alguma característica ao substrato que não foi tão benéfica ao crescimento e nutrição da aroeira-pimenteira quanto o esterco. Não se sabe se este fato se deveu a uma possível deficiência do LETRIP em algum outro nutriente, seguindo a Lei do Mínimo, segundo a qual a produção das culturas é limitada pelo nutriente menos disponível para as plantas (LOPES, 1989) ou se este resíduo apresentou características físicas e/ou biológicas não tão favoráveis às plantas quanto o esterco.

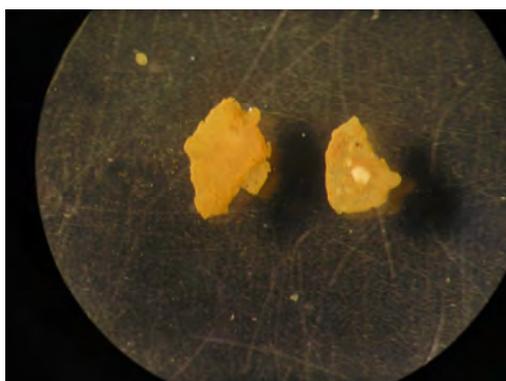
O presente estudo concorda com ALTAFIN et al. (2004), os quais referem que um outro tipo de resíduo, o lodo de fosfatização, tem elevado potencial para utilização na agricultura, todavia, estudando a aplicação do mesmo na produção de arbóreas nativas utilizadas em reflorestamento, dentre as quais *Schinus terebinthfolius* Raddi., verificaram que são necessários mais estudos para dimensionar a dosagem adequada do mesmo em plantações de nativas. Deste modo, apesar de o substrato a base de LETRIP não ter gerado ganhos vegetativos e nutricionais para a aroeira-pimenteira, por ser um material rico em nutrientes, sugere-se a realização de novas pesquisas voltadas para o seu emprego na produção de mudas de essências florestais, para a recuperação de áreas degradadas. Tais pesquisas voltadas podem determinar uma dosagem mais adequada deste material, a fim de que se estimule esta via de captação de resíduos industriais, o que contribui muito com a minimização do impacto ambiental gerado por sua inapropriada destinação.

Com relação ao teste de substrato, inicialmente, a densidade de esporos presente no substrato dos diferentes tratamentos estava prevista como uma das variáveis a serem analisadas.

Porém, durante a contagem de esporos, verificou-se que tanto S1 sem quanto S1 com inoculação apresentaram abundantes estruturas de um material elastômero, as quais muito se assemelhavam a esporos de fungos micorrízicos arbusculares, além da presença de alguns esporos de FMAs. Portanto, optou-se por não considerar os resultados desta variável com o intuito de evitar a obtenção de resultados superestimados.

Todavia, a ocorrência de colonização das raízes de aroeira-pimenteira produzidas em S1 sem inoculação demandou a realização de uma investigação mais acurada na tentativa de se levantar a provável hipótese para este fato. Desta maneira, amostras individualizadas dos componentes de S1 e S2 foram submetida à extração de esporos e, após análise do material em microscópio estereoscópico observou-se a ausência de esporos na areia, na argila e no esterco, mas a presença de esporos de FMAs no LETRIP (dados não incluídos, provenientes de avaliação qualitativa) (Figura 7a).

Após o fracionamento das partículas com o auxílio de estiletos, verificou-se que das mesmas partiam esporos e hifas de FMAs, por meio de visualização em lupa. A fim de se ratificar tal resultado, foi montada lâmina em água com as partículas constituintes do LETRIP, para análise do material em microscópio modelo Standard 25, fabricante Zeiss, sob aumento de 10 vezes. Foram, então, tiradas fotografias por meio de máquina digital Olympus, com recurso próximo de aproximação (*zoom* digital de 4 vezes), como pode ser observado nas Figuras 7b e 7c.



(7a)



(7b)



(7c)

Figura 7. Detalhe de partículas de borracha do LETRIP, visualizadas em microscópio estereoscópico; esporo de FMA ligado a partícula de borracha do LETRIP; hifas de FMA presas à partícula de borracha, no LETRIP.

Provavelmente, este comportamento foi decorrente do encapsulamento dos esporos dos FMAs nativos nos fragmentos do LETRIP, partículas de borracha sintética, os quais se protegeram desta maneira contra a ação do fungicida empregado e iniciaram a colonização das raízes conforme o seu efeito se tornando inócuo. Esta hipótese explica o percentual de colonização observado no tratamento S2 sem FMAs, que foi acima de 30%. O altíssimo percentual de colonização de raiz das mudas produzidas em S1 com FMAs (praticamente 100%) pode ter sido fruto de um efeito sinérgico provocado pela presença conjunta de FMAs nativos do LETRIP e da mistura de FMAs empregada no estudo.

Esta constatação descartou a possibilidade de contaminação das mudas não inoculadas com propágulos dos fungos aplicados, pois várias medidas foram tomadas para evitar isso: o estudo seguiu esquema em parcelas subdivididas, com disposição das plantas dos tratamentos com e sem inóculo em bancadas separadas; houve controle das formigas, por meio da utilização de estopas embebidas com óleo queimado nas pernas das bancadas, a fim de se evitar a presença de formigas nas mudas, as quais poderiam transportar propágulos de fungos micorrízicos; a irrigação das mudas foi realizada com água destilada, contou com o auxílio de pissete, muda a muda, evitando a formação de *sprays* (aerossóis) que poderiam contaminar os tratamentos não inoculados.

Portanto, o resíduo industrial estudado pode ser empregado como fonte de inóculo de FMAs e novos estudos devem ser realizados a fim de que se investigue a efetividade ou não de variadas dosagens de diferentes fungicidas, assim como da autoclavagem na eliminação de propágulos dos fungos presentes no lodo.

Não ocorreu colonização de raízes finas pelos FMAs utilizados no tratamento S2 com, o que reforça o fato de que o fungicida foi efetivo na desinfestação do esterco, além do que este componente por ser uma fonte rica em nutrientes, não favoreceu a formação da simbiose. Tal fato está de acordo com a literatura, que atesta que o estabelecimento da simbiose se dá com ônus energético para o vegetal, o qual “prefere” não estimular a infecção radicular por FMAs caso os nutrientes sejam fornecidos pelo substrato em boas condições de disponibilidade.

O conjunto de dados levantados pelo presente estudo sugerem que o crescimento e a nutrição desta espécie vegetal, sob as condições de casa de vegetação testadas, pode ser mais dependente da fonte de matéria orgânica do que da micorrização, e o esterco curtido de curral influenciou positivamente na qualidade das mudas produzidas. É possível que outros resultados sejam alcançados com estes mesmos substratos, com e sem inoculação com FMAs, porém com proporções diferentes de seus constituintes.

Na produção de mudas de aroeira-pimenteira, recomenda-se o emprego de esterco bovino curtido, pois ficou evidente que o mesmo imprimiu ao substrato características tais que permitiram incrementos significativos no crescimento e na nutrição das plantas, independentemente da inoculação com FMAs.

5. CONCLUSÕES

O esterco bovino é uma fonte de matéria orgânica promissora como constituinte do substrato para a produção de mudas mais vigorosas de *Schinus terebinthifolius*. Portanto, o substrato 2 é o mais indicado para o crescimento de mudas de aroeira, com a finalidade de recompor áreas degradadas de restinga.

Embora o substrato à base de LETRIP de estação de tratamento de efluentes não tenha proporcionado ganhos em crescimento para as mudas de aroeira, deve-se investir em pesquisas voltadas para o seu emprego na produção de mudas, para a recuperação de áreas degradadas, porque o mesmo é rico em potássio e esta via constitui uma alternativa ecologicamente viável para a destinação de tal resíduo industrial.

Após 120 dias de semeadura, percebeu-se que a inoculação com a mistura equilibrada de esporos de fungos micorrízicos arbusculares das espécies *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* não ocasionou incremento no crescimento das mudas de *Schinus terebinthifolius*, provavelmente em virtude da riqueza dos substratos em nutrientes.

Todavia, em virtude da adversidade das condições de campo e dos benefícios das micorrizas, recomenda-se a micorrização das mudas de aroeira, para que sejam garantidas maiores chances de estabelecimento e sobrevivência das mudas no campo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADSON, R. Efeitos da secagem na germinação e vigor de sementes de angico – *Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan, caixeta – *Tabebuia cassinoides* (Lam) DC. e caroba - *Jacaranda micrantha* Cham. In: **1º Seminário de sementes e viveiros florestais**, v. 1. Curitiba: FUPEF, 1981. p. 43-54.
- ALMEIDA, R. T.; SARAIVA, J. A. B.; FREIRE, V. F. Efeito da inoculação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares no desenvolvimento de mudas de urucu, *Bixa orellana* L. **Ciência Agrônômica**, v. 16, n. 2, p.65-67, 1985a.
- ALMEIDA, R. T.; FREIRE, V. F.; VASCONCELOS, I. Seleção de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares para inoculação em algaroba, *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. **Ciência Agrônômica**, v. 16, n. 2, p.91-94, 1985b.
- ALTAFIN, V. L.; POLONIO, W.; MEDEIROS, G. A.; BRANDÃO, M. F.; ZUIN, F. D.; BUSCARATO, E. A.; MENEZES, M. O. Utilização de lodo de fosfatização na produção de mudas de espécies nativas. **Engenharia Ambiental**, v. 1, n. 1, p.45-50, 2004.
- ANDRADE, A. C. S.; SOUZA, A. F.; RAMOS, F. N.; PEREIRA, T. S.; CRUZ, A. P. M. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 609-615, 2000.
- AQUINO, S. S. & CASSIOLATO, A. M. R. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares autóctones no crescimento de *Guazuma ulmifolia* em solo de cerrado degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1819-1823, dez. 2002.
- AQUINO, A. M.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JUNIOR, O.; RUMJANEK, N.; DE-POLLI, H.; REIS, V. M. A biota do solo e processos relevantes num novo contexto da agricultura. In: WADT, P. G. S. (editor técnico). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2005. 635p.
- ARAÚJO, D. S. D. **Análise florística e fitogeográfica das Restingas do Estado do Rio de Janeiro**. 2000. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- BAGGIO, A. J. Aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 17, p.25-32, 1988.
- BETTIOL, W. & CAMARGO, O. A. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O. A. (Ed.). **Lodo de esgoto: impacto ambiental do uso agrícola**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. p. 25-35.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Brasília, DF: Senado Federal, 2000.
- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G.; GUTIERREZ, L. E. Qualidade do breu e terebintina de pinheiros tropicais. **IPEF**, n. 21, p.55-63, 1980.
- CAMPELLO, E. F. C. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. In: **Recuperação de áreas degradadas**. DIAS, L. E. & MELLO, J. W. V. (Eds.). Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 183-196.
- CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, E. M. R., FRANCO, A. A.; ZANON, M. L. B. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Florestal**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 1997.

CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, E. M. R., FRANCO, A. A.; ZANON, M. L. B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. **Ciência Florestal**, v. 9, n. 1, p. 63-70. 1999.

CAPRONI, A. L. **Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto de Trombetas/PA**. Tese. 2001. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia), 205f. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2001.

CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R. L. L.; GRANHA, J. R. D. O.; MARINHO, N. F. Fungos micorrízicos arbusculares em estéril revegetado com *Acacia magium*, após mineração de bauxita. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 373-381, 2005.

CARMO, M. V.; LOUREIRO, D. C.; OLIVEIRA NETO, S. N.; LELES, P. S. S.; SILVA, E. M. R. Avaliação de recipientes para produção de mudas e efeito da associação micorrízica em *Schinus terebinthifolius* Raddi. In: XIV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRuralRJ, Seropédica, RJ, 2004. **Anais...** Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004. v. 14, n. 1, p. 273-276. Área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal.

CARMELLO-GUERREIRO, S. M. & PAOLI, A. A. Morfologia e anatomia da semente de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em desenvolvimento. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 1, 1999.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451p.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA; J. O.; DAVIDE, A. C.; GOMES, L. J.; CURTI, N.; VALE, F. R. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. **Scientia Forestalis**, n. 50, p. 21-36, 1996.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA; J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, D.; BOTELHO, S. A.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Cerne**, v. 4, n. 1, p. 129-145, 1998.

CARRASCO, P. G. & CASTANHEIRA, S. dos A. Recipientes e substratos na produção de mudas de espécies florestais de Restinga em Ilha Comprida, SP. **Arquivos do Instituto de Biologia**, v. 71, p. 305-307, 2004. Suplemento.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Ecológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. p. 161-168.

CARVALHO, L. R.; SILVA, E. A. A.; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 15-25, 2006.

CARVALHO FILHO, J. L. S. de; ARRIGONI-BLANK, M. de F.; BLANK, A. F. & RANGEL, M. S. A. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. **Cerne**, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.

CASAGRANDE JR.; J. G.; VOLTOLINI, J. A.; HOFFMAN, A. & FACHINELLO, J. C. Efeito de materiais orgânicos no crescimento de mudas de açaizeiro (*Psidium cattleyanum* Sabine). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 2, n. 3, p. 187-191, 1996.

CASTANHEIRA, S. A. & CARRASCO, P. G. Testes de substrato para produção de *Rhizophora mangle* sob condições de viveiro florestal. **Arquivos do Instituto de Biologia**, v. 71, p. 335-337, 2004. Suplemento.

CASTRO, J. P. C. Reabilitação de áreas degradadas – Aspectos legais. In: **Recuperação de áreas degradadas**. DIAS, L. E. & MELLO, J. W. V. (Eds.). Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de recuperação de Áreas degradadas, 1998. p. 9-13.

- CHU, E. Y.; MÖLLER, M. R. F.; CARVALHO, J. G. Efeitos da inoculação micorrízica em mudas de gravioleira em solo fumigado e não fumigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 4, p.671-680, 2001.
- COLOZZI-FILHO, A.; SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; GUIMARÃES, P. T. G.; OLIVEIRA, E. Efetividade de diferentes fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas, crescimento pós-transplante e produção do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 9, p.1397-1406, 1994.
- CORRÊA, A.; STRASSER, M. A. & MARTINS-LUC, A. Are mycorrhiza always benecial? **Plant and Soil**, V. 279, p. 65-73, 2006.
- COSTA, M. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; ALBRECHT, J. M. F.; COELHO, M. F. B. Substratos para a produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 1, p. 19-24, 2005.
- COSTA, C. M. C.; MAIA, L. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p.893-901, 2001.
- COUTINHO, M. P.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; RODRIGUES, L. A.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. A. ; MENDONÇA, A. V. R.; NOVAES, A. B. Crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. Plantadas em uma área degradada pela extração de argila. **Floresta**, v. 35, n. 2, 2005.
- CUENCA, G.; ANDRADE, Z.; LOVERA, M.; FAJARDO, L.; MENDES, E.; MÁRQUEZ, M.; MACHUCA, R. El uso de arbustos nativos micorrizados para la rehabilitación de áreas degradadas de La Gran Sabana, Estado Bolívar, Venezuela. **Interciência**, v. 27, n. 4, abr. 2002.
- CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A. de; BRUNO, R. de L. A.; SILVA, J. A. L. da & SOUZA, V. C. de. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D. C.) Standl. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.
- DIAS, F. C. **Dinâmica e disponibilidade de nutrientes e metais pesados em área de planossolo tratado com resíduos industriais**. 2005. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2005.
- DIAS, F. C.; BEHLING, M.; OLIVEIRA, J. A.; MELO, M. P.; MAZUR, N.; AMARAL SOBRINHO, N. M.; OLIVEIRA, C. Alterações da acidez do solo tratado com resíduos industriais. In: II CONGRESSO DE PESQUISA CIENTÍFICA DA UFRuralRJ, Seropédica, RJ, 2004. **Anais...** Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004. v. 2, n. 1, p.11-15. Área de Agronomia.
- ENGEL, V. L. & PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu, SP: FEPAF, 2003. p. 3-26.
- EWE, S. M. L. & STERNBERG, L. S. L. Seasonal water-use by the invasive exotic, *Schinus terebinthifolius*, in native and disturbed communities. **Oecologia**, v 133, p.441–448, 2002.
- FARIA, J. M. R.; DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. Comportamento de espécies florestais em área degradada, com duas adubações de plantio. **Cerne**, v. 3, n. 1, 1997. Disponível em: www.dcf.ufla.br/CERNE/revistav3n1-1997/cemig.PDF. Acesso em: março de 2005.
- FERRETTI, A. R. & BRITZ, R. M. A restauração da Floresta Atlântica no litoral do estado do Paraná: os trabalhos da SPVS. In: **Restauração Florestal: fundamentos e estudos de caso**.

- GALVÃO, A. P. M. & PORFÍRIO-DA-SILVA, V. (Eds.). Colombo: EMBRAPA Florestas, 2005. p. 87-102.
- FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C. & PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: **Sementes Florestais Tropicais**. AGUIAR, I. B. & PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. (Coords.). Brasília: ABRATES, 1993. p. 137-174.
- FLORES-AYLAS, W. W.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SIQUIERA, J. O.; DAVIDE, A. C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p.257-266, 2003.
- FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R. da & FARIA, S. M. de. **Revegetação de solos degradados**. Empresa Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (EMBRAPA-CNPAB), 1992. 8 p. (Empresa Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia, Comunicado Técnico 9).
- FRANZÃO, A. A. & MELO, B. **Cultura da pitangueira**. Disponível em <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/pitangueira.html>. Acesso em: 12 mar. 2005.
- FREIRE, L. R.; BLOISE, R. M.; MOREIRA, G. N. C.; EIRA, P. A. Análise química do solo. In: DE-POLLI, H. (coord.); ALMEIDA, D. L.; SANTOS, G. A.; CUNHA, L. C.; FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; PEREIRA, N. N. C.; EIRA, P. A.; BLOISE, R. M.; SALEK, R. C. **Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí, RJ: Editora Universidade Rural, 1988. p.24-37. (Coleção Universidade Rural. Ciências Agrária, n. 2).
- FREIRE, J. M.; SILVA, I. L. & PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Efeito do sombreamento sobre o desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira). **CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA**, XLIX, 1998, Salvador, BA. (**Resumos**).
- FREITAS, F. C. & SÁ, P. G. S. Germinação e repicagem de espécies de manguezal em diferentes concentrações de lodo da ETREI – Petroflex – misturado ao substrato. **MANGROVE**, 2003, Salvador, BA. (**Resumos**).
- FURMANN, L. E.; PEDROSA-MACEDO, J. H.; CUDA, J. P.; VITORINO, M. D. Efeito da liberação aumentativa no campo de *Pseudophilothrips ichini* no desenvolvimento de *Schinus terebinthifolius*. **Floresta**, v. 35, n. 2, p.241-245, 2005.
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, v. 46, p. 235-244, 1963.
- GIOVANETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, New York, v. 64, n. 3, p. 489-500, 1980.
- GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu, SP: FEPAF, 2003. p. 111-163.
- GRACE, C. & STRIBLEY, D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, v. 95, p. 1160-1162, 1991.
- GRIPPI, S. **Lixo, reciclagem e sua história**: guia para as prefeituras brasileiras. Rio de Janeiro: Interciência, 2001. 138 p.
- GUERRA, M. A. J. M.; BARREIRO, M. L.; RODRIGUEZ, Z. M.; RUBALCADA, Y. Actividad antimicrobiana de un extracto fluido al 80% de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (COPAL). **Revista Cubana Plantas Medicinales**, v. 5, n. 1, p.23-25, 2000.

- HAY, J. D. & LACERDA, L. D. Ciclagem de nutrientes do ecossistema de Restinga. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D. & TURCQ, B. (Org.) **Restingas: origens, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 459-475.
- HUNGRIA M. & ARAÚJO R.S. (Eds.). **Manual de Métodos Empregados em Estudos de Microbiologia Agrícola**. EMBRAPA, Brasília-DF, 1994. 525p.
- JANOS, D. P. Mycorrhiza applications in tropical forestry: are temperate-zone approaches appropriate? In: NG, F. S. P. (Ed.). **Trees and Mycorrhiza**. Malaysia: Kuala Lumpur, 1988. p. 133-188.
- JESUS, R. M. & ROLIM, S. G. Experiências relevantes na restauração da Mata Atlântica. In: GALVÃO, A. P. M. & PORFÍRIO-DA-SILVA, V. (Eds.). **Restauração Florestal: Fundamentos e estudos de caso**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2005. p. 59-86.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separation nematodes from soil. **Plant Disease Report**. 48: 692, 1964.
- JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C. & OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 187-196, abr./jun. 2005.
- KAGEYAMA, P. Y. & GANDARA, F. B. Resultados do programa de restauração com espécies arbóreas nativas do convênio ESALQ / USP e CESP. In: **Restauração Florestal: Fundamentos e estudos de caso**. GALVÃO, A. P. M. & PORFÍRIO-DA-SILVA, V. (Eds.). Colombo: Embrapa Florestas, 2005. p. 47-58.
- KAHILUOTO, H. & VESTBERG, M. Creation of a non-mycorrhizal control for a bioassay of AM: Benomyl application and soil sampling time. **Mycorrhiza**, 9, p. 259-270, 2000.
- KATO, O. R.; OLIVEIRA, E.; SANTIAGO, A. D.; CORRÊA, H. Efeito de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares no crescimento e nutrição da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 8, p.1175-1181, 1990.
- KOSKE, R.E. & GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, v. 92, p. 486-488, 1989.
- LENZI, M. & ORTH, A. I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi. (Anacardiaceae), em restinga da Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 17, n. 2, p. 67-89, 2004a.
- LENZI, M. & ORTH, A. I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi.) em Florianópolis-SC, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 198-201, 2004b.
- LOPES, A. S. Manual de fertilidade do solo. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v. 1, 3ª. Ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 2000. 352 p.
- LOURENÇO, R. S.; MEDRADO, M. J. S.; FOWLER, J. A. P.; MOSELE, S. H. Influência do substrato no desenvolvimento de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 38, p. 13-30, 1999.
- LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; DE POORTER, M. **100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo**. Una selección del Global Invasive Species Database. 1ª Ed. Auckland, Nova Zelândia: Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), 2004. 12p.
- MACHADO, C. F.; OLIVEIRA, J. A.; DAVIDE, A. C.; GUIMARÃES, R. M. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 17-25, 2002.
- MACEDO, A. C. Produção de mudas em viveiros florestais: espécies nativas. São Paulo: Fundação Florestal, 1993. 18p.

MALAVASI, U. C. & MALAVASI, M. M. Efeito do tubete no crescimento inicial de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud e *Jacaranda micrantha* Cham. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 2, 2003. (Nota Técnica).

MALHEIROS, M. G.; FREITAS, F. C.; FRADE JÚNIOR, E. F.; LYRIO, J. J.; OLIVEIRA NETO, S. N.; LELES, P. S. S.; LIMA, E.; ZONTA, E.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Resíduo industrial classe II na produção de mudas de eucalipto. In: XV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRuralRJ, Seropédica, RJ, 2005. **Anais...** Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2005. CD-ROM.

MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. 1ª Semana de Atualização em produção de sementes. Piacicaba: ESALQ; Campinas: Fundação Cargill. 1986. 223p.

MARTINS, S. S. **Recomposição de fragmentos florestais ciliares no Estado do Paraná**. Maringá: Clichetec, 2. Ed., 2005. 32 p.

MEDEIROS, A. C. S. & ZANON, A. **Substratos e temperaturas para teste de germinação de sementes de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi)**. Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1998. 3p. (Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, Comunicado Técnico 32).

MENDES FILHO, P. F. **Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano**. Tese. 2004. 89p. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), USP, Piracicaba, SP, 2004.

MENEZES, L. F. T.; ARAÚJO, D. S. D.; GOES, M. H. B. Marambaia: a última restinga preservada. **Ciência Hoje**, v. 23, n. 136, p. 28-37, 1998.

MIELNICZUC, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O. (editores). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. 508p.

MIRANDA NETO, M. I. **Investigação geoambiental em área de mangue na Baía de Guanabara contaminada com resíduos industriais**. Dissertação. 2002. 273p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Área de Concentração Ciências em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2002.

MOREIRA, R. T. S.; FONSECA, F. A.; LELES, P. S. S.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; OLIVEIRA NETO, S. N. Utilização de resíduos urbanos associados a fungos micorrízicos, como substrato, para produção de mudas de *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula. In: XIV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRuralRJ, Seropédica, RJ, 2004. **Anais...** Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004. v. 14, n. 1, p. 246-249. Área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal.

NASCIMENTO, D. F.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; MOREIRA, R. T. S. Produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em diferentes recipientes. In: XIV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRuralRJ, Seropédica, RJ, 2004. **Anais...** Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004. v. 14, n. 1, p. 250-252. Área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal.

NEVES, C. S. V. J. Sementes recalcitrantes: revisão de literatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 9, p.1459-1467, 1994.

NEWMAN, E. I. A method of estimating the total length of root in a sample. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 3, n. 2, p.139-145, 1966.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434p.

PASQUALINI, D.; GRIPPA, C. R.; STÜRMER, S. L. Inoculação com comunidades de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e absorção de fósforo em espécies arbóreas nativas da

Floresta Atlântica. In: V REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, FERTBIO, Lages, SC, 2004. Palestras... CD-ROM.

PEDROSA-MACEDO, J. H.; POULMANN, W.; STOLLE, L.; UKAN, D.; CUDA, J. P.; MEDAL, J. C. Criação da vespa-da-roeira em cativeiro para o controle biológico da roeira-mansa. **Floresta**, v. 36, n. 3, p.371-378, 2006.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289 p.

REIS, A. & KAGEYAMA, P. Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu, SP: FEPAF, 2003. p. 91-110.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURTI, N.; FAQUINI, V. crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p.2071-2081, 1999.

RIZZINI, C. T. Tratado de fitogeografia do Brasil. Aspectos morfológicos, sociológicos e florísticos. Âmbito Cultural Edições Ltda., 2ª Ed. 1997.

SANTOS, C. J. F. Restauração ecológica associada ao social no contexto urbano: o Projeto Mutirão Reffortestamento. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu, SP: FEPAF, 2003. p. 239-263.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; SCALON FILHO, H.; FRANCELINO, C. S. F. Desenvolvimento de mudas de roeira (*Schinus terebinthifolius*) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) sob condições de sombreamento. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 166-169, 2006. (Comunicação).

SCHIAVO, J. A. & MARTINS, M. A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em substrato agro-industrial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 519-523, ago. 2002.

SIBINEL, A. H. M. **Resposta da leguminosa *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula à inoculação de diferentes fungos micorrízicos arbusculares na recuperação de áreas degradadas**. 2003. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2003.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**/Embrapa Solos. Brasília: Embrapa Informática Agropecuária, 1999.

SILVA, W. R. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu, SP: FEPAF, 2003. p. 77-90.

SILVA, L. M.; M. & AGUIAR, I. B. Efeito dos substratos e temperaturas na germinação de sementes de *Cnidoscylus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm. (faveleira). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26. n. 1, p.9-14, 2004.

SILVA, L. F. C. & SIQUEIRA, J. O. Crescimento e teores de nutrientes de mudas de abacateiro, mangueira e mamoeiro sob influência de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p.283-288, 1991.

SIQUEIRA, J. O. & KLAUBERG FILHO, O. **Micorrizas arbusculares**: a pesquisa brasileira em perspectiva. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. V. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, 2000. p. 235-264.

- SIQUEIRA, J. O.; HUBBEL, D. H.; VALLE, R. R. Effects of phosphorous on formation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, p.1465-1471, 1984.
- SMA. Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo. Resolução SMA Nº 21, de 21 de novembro de 2001: Fixa orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. São Paulo, SP, 2001.
- SOUZA, F. A. de & SILVA, E. M. R. da. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.) **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: UFLA/DCS e DCF, 1996. p. 253-290.
- SOUZA, P. A.; VENTURIN N.; MACEDO, R. L. G.; ALVARENGA, M. I. N.; SILVA, V. F. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. **Cerne**, v. 7, n. 2, p.043-052, 2001.
- SOUZA, K. C. A.; FLAUSINO, M. S.; SOUZA, N. D.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; NOGUEIRA, E. S. Maturação de sementes de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). In: XIV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRuralRJ, Seropédica, RJ, 2004. **Anais...** Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004. v. 14, n. 1, p. 243-245. Área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal.
- SUDO, A.; SILVA, E. M. R.; BOVI, M. L. A.; ALMEIDA, D. L.; COZZOLINO, K. Produção de mudas de pupunheira colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p.529-532, 1996.
- TAMANINI, C. R. **Recuperação de áreas degradadas com a utilização de biossólido e gramínea forrageira**. 2004. 181f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- TAVARES, S. R. L. **Uso de leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas para revegetação de solo de Restinga degradado**. Dissertação. 1998. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 1998.
- TEDESCO, J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, planta e outros materiais**. UFRGS. Porto Alegre, 1995. 174p.
- TOLEDO, P. E. & MATTOS, Z. P. B. Aspectos econômicos da questão de restauração de áreas degradadas. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu, SP: FEPAF, 2003. p. 205-237.
- TRINDADE, A. V.; FARIA, N. G.; ALMEIDA, F. P. Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1389-1394, 2000.
- VÁLIO, I. F. M. & SCARPA, F. M. Germination of seeds of tropical pioneer species under controlled and natural conditions. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.1, p.79-84, 2001.
- ZAMITH, L. R. & SCARANO, F. R. Produção de mudas de espécies das Restingas do Município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. In: **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 1, p. 161-176, 2004.

CONCLUSÕES GERAIS

O presente trabalho buscou contribuir com a conservação e recuperação de restingas, ecossistemas costeiros fortemente degradados, por meio do levantamento das características da biota do solo da Restinga da Marambaia, RJ – fauna do solo e fungos micorrízicos arbusculares – e do estabelecimento da associação micorrízica envolvendo uma espécie florestal de ocorrência em restingas.

Dentre as informações obtidas, verificou-se que Formicidae mostrou ser um grupo com relevante participação na comunidade da fauna do solo de fragmentos florestais sujeitos à inundação da Restinga da Marambaia. Cogitou-se que a umidade e a temperatura do solo exerceram importante influência sobre a fauna do solo, uma vez que se registrou maior densidade total de indivíduos e maior riqueza de grupos no fragmento que apresentou os maiores valores para ambas as variáveis. A presença de grupos da fauna do solo que são encontrados apenas em ambientes não perturbados indica o bom funcionamento do ecossistema da Restinga da Marambaia.

Dentre os fungos micorrízicos arbusculares encontrados nos fragmentos florestais estudados, *Acaulospora* foi o gênero mais rico em espécies, enquanto *Glomus* foi o mais frequentemente encontrado na Restinga da Marambaia, indicando uma provável maior adaptação às condições edafo-climáticas vigentes neste ecossistema tropical oligotrófico.

Quanto à produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-pimenteira) para a recuperação de áreas degradadas de restinga, ficou evidente a importância do emprego do esterco bovino curtido de curral como componente do substrato para a formação de mudas, independentemente da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. São necessários mais estudos envolvendo outras espécies florestais e a participação do LETRIP em diferentes proporções na composição do substrato para a produção de mudas, a fim de que seja avaliada a viabilidade do uso deste resíduo industrial em programas de recuperação de áreas degradadas, uma vez que esta seria uma via alternativa para o emprego ecologicamente adequado deste material rico em nutrientes. Embora não tenham sido notadas diferenças significativas no crescimento das mudas em presença e ausência de micorriza, nos dois tipos de substrato testados, a inoculação com fungos micorrízicos é de fundamental importância para a sobrevivência, o crescimento e o estabelecimento das plantas nas condições de campo, principalmente em se tratando de ambientes de restinga, os quais se caracterizam por apresentar condições edafo-climáticas adversas.