



(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).

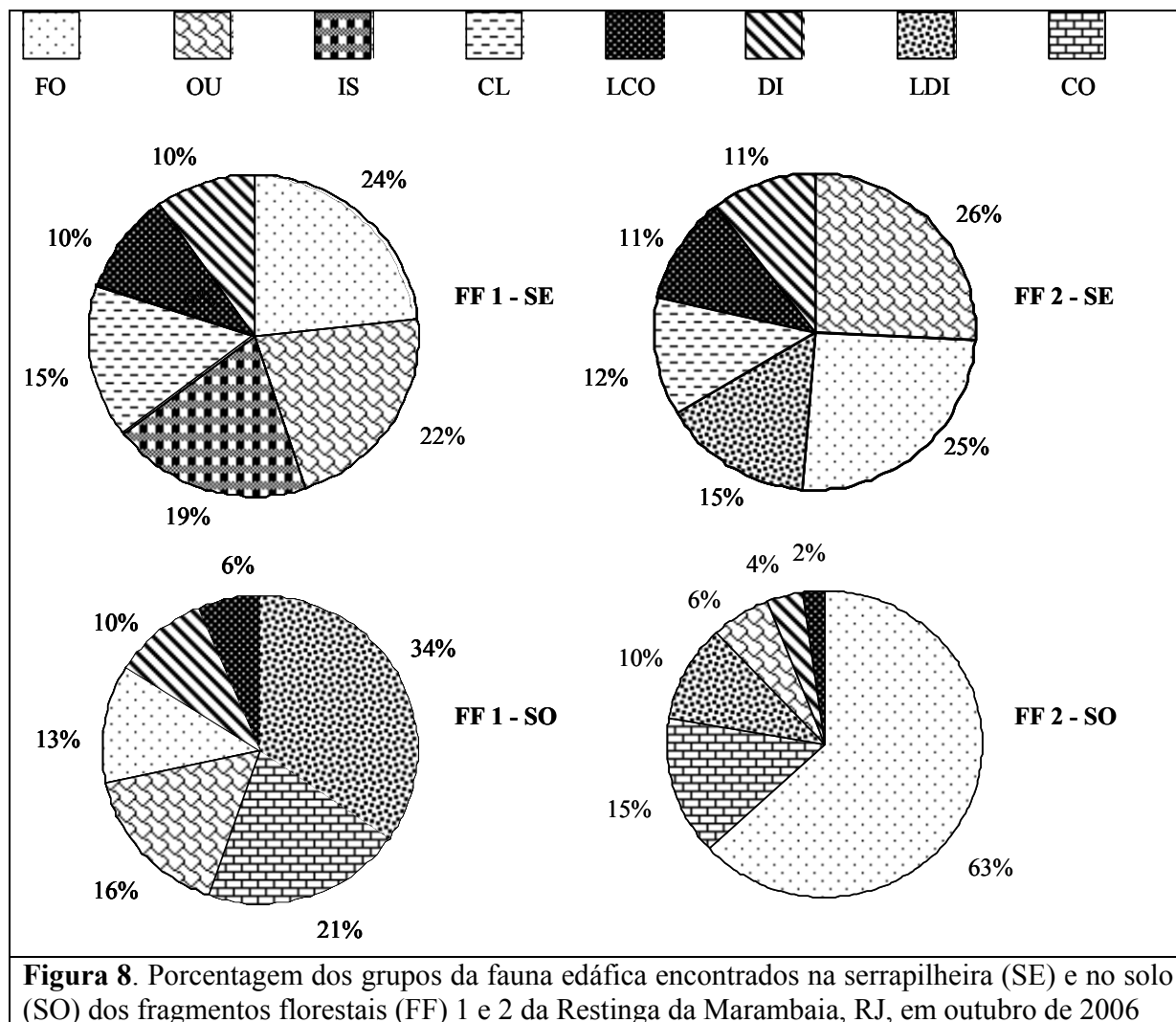
Os elevados percentuais de atividade das larvas e de adultos de Diptera encontrados sugerem que os FFs estudados da Restinga da Marambaia são locais importantes para a reprodução desta ordem.

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 reflexos 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: adaptive 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 components 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 salgueiro 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.	
		<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.

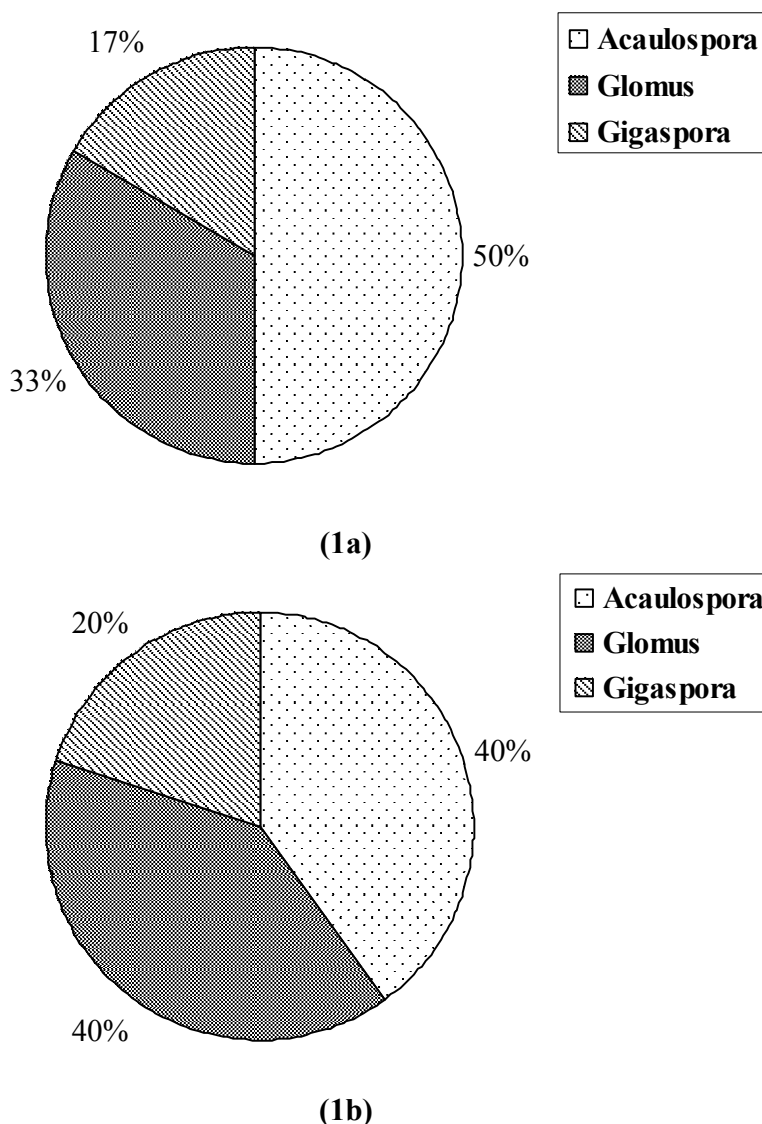


Figura 1. Representação percentual dos gêneros de FMAs, conforme a riqueza de espécies encontradas nos fragmentos florestais (FFs) 1 **(1a)** e 2 **(1b)**, da Restinga da Marambaia, RJ.

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 (nº espécies)	DENSIDADE (nº 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).

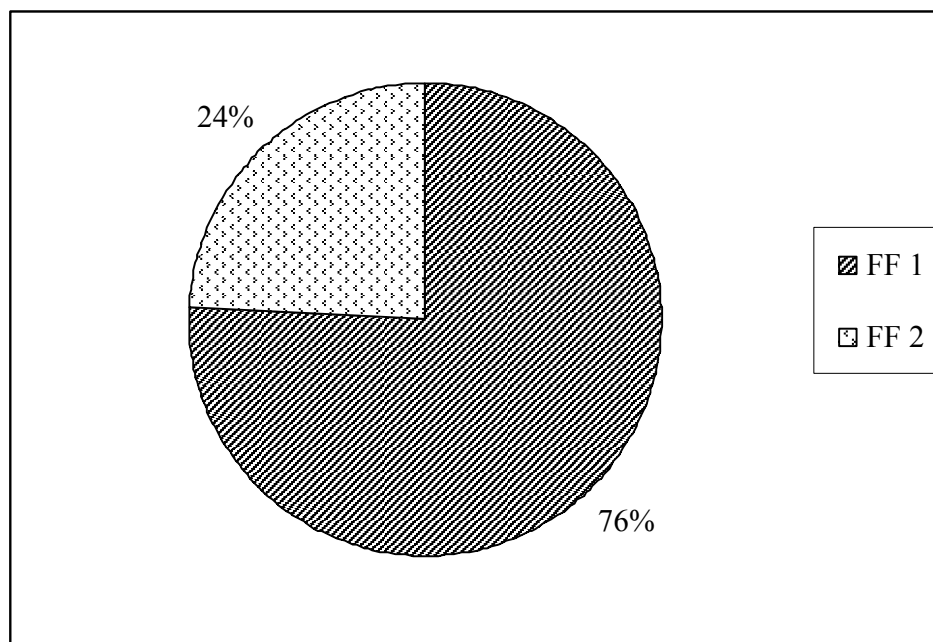


Figura 2 – Distribuição percentual da quantidade total de esporos de FMAs extraídos, em dois fragmentos florestais da Restinga da Marambaia, RJ.

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.