

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**CIÊNCIA DO SOLO**

**DISSERTAÇÃO**

**Indicadores da Qualidade do Solo em Áreas de  
Agricultura Tradicional no Entorno do Parque  
Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP)**

**Cristiane Figueira da Silva**

**2005**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
CIÊNCIA DO SOLO**

**INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS DE  
AGRICULTURA TRADICIONAL NO ENTORNO DO PARQUE  
ESTADUAL DA SERRA DO MAR EM UBATUBA (SP)**

**CRISTIANE FIGUEIRA DA SILVA**

*Sob a Orientação do Professor*  
Marcos Gervasio Pereira  
*e*

*Co-orientação da Professora*  
Eliane Maria Ribeiro da Silva

Dissertação submetida como  
requisito parcial para obtenção do  
grau de **Mestre em Ciências** em  
Agronomia, Área de Concentração  
em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2005

634.964

S586i

T

Silva, Cristiane Figueira da, 1978-

Indicadores da qualidade do solo em áreas de agricultura tradicional no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba(SP) / Cristiane Figueira da Silva. – 2005.

80f. : il., grafs., tab.

Orientador: Marcos Gervasio Pereira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

Bibliografia: f. 62-74.

1. Fungos do solo – Ubatuba(SP) – Teses. 2. Fauna dos solos – Ubatuba(SP) – Teses. 3. Solos – Teor de compostos orgânicos – Teses. 4. Fungos micorrizicos – Teses. I. Pereira, Marcos Gervasio. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO**

**CRISTIANE FIGUEIRA DA SILVA**

Dissertação submetida ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, em Agronomia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 01/02/2005

---

Marcos Gervasio Pereira. Dr. UFRRJ  
Orientador

---

Maria Elizabeth Fernandes Correia. Dr. Embrapa Agrobiologia

---

Lúcia Helena Cunha dos Anjos. Ph.D. UFRRJ

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus adorados pais: Alvarino Gomes da Silva e  
Georgina Figueira

Aos meus queridos irmãos: Marcelo e Alessandro

Aos meus queridos orientadores: Marcos Gervasio Pereira  
e Eliane M.R. da Silva.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus...

Aos meus amados pais Alvarino e Georgina, pelo amor, carinho, amizade e por todo o esforço que fizeram para que eu chegasse até aqui.

Aos meus irmãos Marcelo e Alessandro, pelo incentivo, carinho e amizade.

Ao meu Orientador Marcos Gervasio Pereira, pela imensurável contribuição para realização deste trabalho, pela amizade, incentivo, dedicação, paciência e compreensão.

À minha Co-orientadora Eliane Maria Ribeiro da Silva pela confiança, incentivo, apoio, boa vontade e principalmente pela grande amizade.

À Coordenadora do Curso de Pós-Graduação Professora Lúcia Helena Cunha dos Anjos pelo apoio.

Aos estudantes de iniciação científica: Arcângelo, Juliano e Carlos Eduardo pela imensa ajuda nas análises de laboratório.

Ao técnico Itamar Garcia do laboratório de micorrizas pela ajuda na taxonomia dos fungos, pela amizade, alegria, disponibilidade e boa vontade.

À pesquisadora Maria Elizabeth Fernandes Correia pela colaboração nas análises da fauna do solo e por sua imensa boa vontade.

Ao pesquisador Orivaldo Saggin-Junior pela colaboração.

À minha grande amiga Michele pela amizade, ajuda nas análises estatísticas, discussões sobre o trabalho e principalmente por ter me agüentado nas horas de mau humor.

À Pesquisadora Rosângela por sua amizade.

Às minhas cunhadas Rogéria e Simony e sobrinhas Emanuelle e Eduarda pelo carinho.

A Marinete pela amizade e pela grande ajuda nas disciplinas.

Aos colegas da Embrapa Agrobiologia: Geraldo, Luz, Fábio, Jean, Liamara, Daniele, Salomão, Joilson, Fábio Freire, Cândido, Ranuza, Antonieta, Wallace, Alex, Roriz, Joventino, Adriana e Aline.

Aos Pesquisadores, técnicos e bolsistas do laboratório de Leguminosas da Embrapa Agrobiologia, pela boa vontade, amizade e pela permissão para utilização dos computadores.

Aos bibliotecários da Embrapa Agrobiologia Dorimar dos Santos e Sérgio A. Lima, pela atenção e ajuda nas pesquisas bibliográficas.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo.

Ao então Secretario de Agricultura Antônio Marchiori pelo apoio e amizade.

À Secretaria de Agricultura de Ubatuba (SP) pelo apoio concedido.

Ao Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba pela permissão concedida para coleta das amostras de solo.

Ao CNPq e ao Prodetab pelo apoio financeiro.

Ao CPGA-CS, UFRRJ e Embrapa Agrobiologia pelo apoio.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Cristiane Figueira da Silva nasceu na cidade de Paracambi-RJ em 08 de dezembro de 1978. Em 2003 graduou-se Engenheira Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Neste mesmo ano, ingressou no Mestrado “*Strictu Sensu*” em Agronomia-Ciência do Solo, na mesma Instituição, submetendo-se a defesa da dissertação em fevereiro de 2005.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
2.1 Mata Atlântica.....	2
2.2 Parque Estadual da Serra do Mar .....	3
2.3 Indicadores da Qualidade do Solo .....	4
2.3.1 Propriedades edáficas e qualidade do solo.....	5
2.3.2 Matéria orgânica do solo (MO) como indicadora da qualidade do solo .....	7
2.3.3 Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) como indicadores de qualidade do solo.....	9
2.3.4 Fauna do solo como indicadora da qualidade do solo.....	10
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1 Descrição da Área em Estudo.....	15
3.1.1 Localização .....	15
3.1.2 Clima e solo .....	19
3.1.3 Histórico da área .....	19
3.2 Avaliação da Fertilidade do Solo.....	20
3.2.1 Amostragem.....	20
3.2.2 Análises químicas .....	20
Extração e fracionamento químico da matéria orgânica .....	21
3.2.3 Análises físicas .....	23
3.3 Avaliação da Ocorrência de Fungos Micorrízicos Arbusculares .....	23
3.3.1 Amostras .....	23
3.3.2 Extração dos esporos e preparo das lâminas.....	24
3.3.3 Identificação das espécies de FMAs .....	24
3.4 Avaliação da Comunidade de Fauna do Solo .....	24
3.4.1 Amostragem.....	24
3.4.2 Tratamento das amostras.....	25
Extração da fauna.....	25
3.5 Análise Estatística.....	26
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
4.1 Avaliação das Características Químicas do Solo .....	28
Fracionamento químico da matéria orgânica .....	29
4.2 Avaliação das Propriedades Físicas do Solo.....	36
4.3 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) .....	38
4.3.1 Número de esporos e de espécies de FMAs.....	38
4.3.2 Composição das espécies de FMAs .....	41
4.4 Fauna do Solo .....	44
4.4.1 Composição total da comunidade da fauna do solo .....	44
Grupos taxonômicos .....	44
Grupos Funcionais .....	45



4.4.2	Variações das densidades.....	47
4.4.3	Variações da riqueza de grupos taxonômicos.....	49
4.4.4	Distribuição vertical .....	50
4.4.5	Variações da composição relativa .....	52
	Composição relativa dos grupos taxonômicos.....	52
4.4.6	Análises multivariadas .....	56
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>61</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Remanescentes da Mata Atlântica: o que resta hoje de Mata Atlântica. Fonte: (FUNDAÇÃO MATA ATLÂNTICA, 2003). .....</b>	<b>3</b>
<b>Figura 2. Funções do solo, atributos a elas relacionados e indicadores de qualidade do solo para produção vegetal (CHAER, 2001). .....</b>	<b>5</b>
<b>Figura 3. Classificação de tamanho da biota do solo (SWIFT et al., 1979, modificado). .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 5. Croqui da área em estudo (Floresta Secundária, capoeira, plantio de banana e mandioca). .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 6. Perfil esquemático das relações entre embasamento, cobertura vegetal e as condições climáticas (RAIMUNDO, 2001). .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 7. Vista parcial da área de plantio de mandioca com aproximadamente 7 meses, sendo que a cultura vem sendo conduzida há cinco anos na área. ....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 8. Vista parcial da área de plantio de banana entremeada à floresta com aproximadamente 25 anos de condução. ....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 10. Vista parcial da área de floresta secundária no PESM em Ubatuba (SP). .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 11. Médias de temperatura (0C) e precipitação (mm) da área estudada no período de janeiro de 2003 a abril de 2004. ....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 12. Visão superior do coletor metálico de amostras para análise da fauna do solo. ....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 13. Visão geral de uma bateria de extratores do tipo Berlese-Tüllgren. ....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 14. Visão parcial dos resíduos orgânicos adicionados ao solo nas quatro áreas estudadas. ....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 15.- Distribuição das substâncias húmicas nas quatro áreas estudadas no inverno. Legenda: AH (Ácido húmico); AF (Ácido fúlvico); HUM (Humina). ....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 16.- Distribuição das substâncias húmicas nas quatro áreas estudadas no verão. Legenda: AH (Ácido húmico); AF (Ácido fúlvico); HUM (Humina). ....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 22. Densidade total da fauna do solo expressa em indivíduos por m<sup>2</sup> e seu respectivo Erro Padrão (S/vn) nas quatro áreas (floresta secundária, capoeira, banana e mandioca) estudadas no inverno e no verão. ....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 26. Composição relativa da comunidade da fauna do solo no inverno para as diferentes áreas. ....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 27. Composição relativa da comunidade da fauna do solo no verão para as diferentes áreas. ....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 28. Densidade de organismos, agrupados pelo método Ward's em dendrograma utilizando a distância Euclidiana no inverno. ....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 29. Densidade de organismos, agrupados pelo método Ward's em dendrograma utilizando a distância Euclidiana no verão. ....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1. Influência da biota do solo nos processos do ecossistema. Modificado de HENDRIX et al. (1990). .....</b>	<b>12</b>
<b>Tabela 2. Valores médios de carbono orgânico em função da cobertura vegetal na profundidade de 0-5 e 5-10 cm no inverno (I) e no verão (V). .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabela 3. Substâncias húmicas<sup>1</sup> na camada de 0-5 cm nas quatro áreas estudadas no inverno (I) e no verão (V). .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 6. Granulometria das quatro áreas (floresta, capoeira, banana e mandioca) para as profundidades 0-5 e 5-10 cm. ....</b>	<b>36</b>
<b>Tabela 7. Freqüência relativa de ocorrência de espécies de FMAs encontrados nas quatro áreas estudadas no inverno (i) e no verão (v). ....</b>	<b>44</b>
<b>Tabela 8. Número e porcentagem de indivíduos coletados no total (somatório das quatro áreas e das duas estações) por grupo taxonômico. ....</b>	<b>46</b>
<b>Tabela 9. Número e porcentagem de indivíduos coletados para os diferentes grupos funcionais. ....</b>	<b>46</b>
<b>Tabela 10. Densidade em indivíduos por m<sup>2</sup> dos grupos funcionais da fauna do solo para as áreas estudadas. ....</b>	<b>48</b>
<b>Tabela 11. Análise de Qui-quadrado (X<sup>2</sup>) da distribuição vertical (solo-serrapilheira) da fauna edáfica nas quatro áreas (floresta secundária, capoeira, banana e mandioca) no inverno e no verão. ....</b>	<b>52</b>

## RESUMO

SILVA, Cristiane Figueira da. **Indicadores da qualidade do solo em áreas de agricultura tradicional no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba-SP.** Seropédica: UFRRJ, 2005. 80p. (Dissertação, Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo).

Este trabalho foi realizado no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP), nas seguintes áreas: plantio de banana entremeada à floresta, plantio de mandioca, área de capoeira e floresta secundária, tendo como objetivo estabelecer indicadores de qualidade do solo que identificassem o grau de alteração que estas áreas vem sendo submetidas. Foram feitas coletas em julho de 2003 e março de 2004 e avaliadas alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo em cada área. Os resultados mostram que, houve um maior incremento de carbono orgânico, cálcio, magnésio, bem como, maior saturação por bases e diminuição nos teores de alumínio na área de banana comparada à área de mandioca, que por sua vez apresentou maior densidade do solo e menor volume total de poros. Em relação aos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), no inverno, as áreas de cultivo de banana e mandioca apresentaram maior número de esporos do que as áreas de floresta e capoeira. No verão somente a área de mandioca apresentou alta produção de esporos. A estação chuvosa proporcionou a existência de maior número de espécies de FMAs que o período seco, nas áreas de floresta e plantio de banana. Em relação à ocorrência de diferentes espécie de FMAs não houve um padrão definido quanto a época seca ou chuvosa. Quanto à fauna do solo, esta se mostrou reduzida na área de plantio de mandioca, apresentando um menor número de indivíduos  $m^{-2}$  e menor riqueza de grupos taxonômicos. A distribuição vertical apontou para a importância da serrapilheira na época seca, uma vez que a maior parte dos organismos da fauna do solo encontram-se associados a esta camada de material orgânico.

**Palavras chave:** Matéria orgânica do solo, densidade do solo, fauna do solo e fungos micorrízicos arbusculares.

## ABSTRACT

SILVA, Cristiane Figueira da. **Soil quality indicators on traditional agricultural areas surroundings the Parque Estadual da Serra do Mar in Ubatuba-SP.** Seropédica: UFRRJ, 2005. 80p. (Dissertation, Master Science in Agronomy, Soil Science).

This study was carried out in four areas surrounding the Parque Estadual da Serra do Mar, in Ubatuba (SP), respectively: banana plantation interposed with forest, cassava plantation, “capoeira” and secondary forest, with the objective to establish soil quality indicators to identify the alteration level that the areas have been submitted. Soil samples were collected in July of 2003 and March of 2004, and physical, chemical and biological soil properties were evaluated in each area. The results showed that the banana area had a higher increment of organic carbon, calcium, and magnesium, as well as higher base saturation values, and lower aluminium level than cassava plantation. On the other hand, cassava plantation showed higher bulk density values and low porosity. In relation to arbuscular mycorrhizal fungi (FMAs), in the winter, banana and cassava areas showed higher spore numbers than forest and “capoeira” sites. Only the cassava site showed high spore production on summer season. It was verified a higher number of FMAs species in the raining season compared to dry season, in the forest and banana areas. However, the occurrence of different FMAs species did not show a clear pattern according to rainy or dry seasons. The soil fauna was reduced in the cassava area, with a small number of individuals per  $m^{-2}$ , and lower richness of taxonomic groups. The vertical distribution indicated that litter is an important refuge compartment to organisms during the dry period of the year, since the higher portion of soil fauna organisms was associated with this layer of organic material.

**Keywords:** Soil organic matter, bulk density, soil fauna, and arbuscular mycorrhizal fungi.

## 1. INTRODUÇÃO

A Floresta tropical é conhecida mundialmente como a de maior diversidade biológica do planeta, normalmente, abrigada sob formações florestais densas, com múltiplos estratos e com elevada complexidade funcional e estrutural. A exuberância de suas paisagens naturais, no entanto, esconde uma realidade que dificulta bastante o manejo de seus solos após a supressão da cobertura original. Seus solos são geralmente de baixa fertilidade natural tendo na ciclagem de nutrientes, provenientes de sua elevada biomassa, sua principal forma de sustentabilidade. Entretanto, há muitos anos este ecossistema vem perdendo suas características originais, cedendo lugar às atividades agrícolas.

A ação antrópica exercida sobre o solo através das práticas agrícolas afeta em menor ou maior grau as suas propriedades químicas, físicas e biológicas, comprometendo desta forma sua qualidade. As importantes funções do solo fazem com que o mesmo seja um importante indicador de qualidade ambiental e da sustentabilidade da produção. No entanto, para avaliar a qualidade do solo é necessária a identificação de indicadores que sejam sensíveis às mudanças causadas pelas formas de uso e manejo do solo.

Em áreas do entorno do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) em Ubatuba (SP), verificam-se núcleos de agricultura familiar e tradicional. Em função de vários fatores, entre eles a redução da produtividade de algumas áreas, algumas destas vêm sendo abandonadas o que leva a uma perda cultural bem como a erosão genética de algumas culturas. Desta forma surge a necessidade do estabelecimento de indicadores da qualidade do solo para avaliação do grau de alteração que essas áreas vem sendo submetidas, e desta forma subsidiar a elaboração de propostas de manejo sustentável, e que contribuam para a diminuição desses problemas.

Diante disso e partindo-se da premissa de que a busca do uso agrícola sustentável das áreas do entorno do PESH é parte crucial do processo de conservação dos recursos naturais, o presente estudo buscou estabelecer indicadores de qualidade do solo, que possam identificar o grau de alteração de quatro áreas (Mandioca, banana entremeada à floresta, capoeira e floresta secundária) no EPESH em Ubatuba (SP). Avaliando as modificações da fertilidade e das propriedades físicas do solo das quatro áreas e, identificando e quantificando os principais componentes da fauna edáfica e os fungos micorrízicos arbusculares.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Mata Atlântica

Nos últimos anos uma grande preocupação mundial une diferentes grupos de pesquisas, segmentos sociais e governos: a conservação das florestas tropicais, sem relegar o atendimento às necessidades das populações humanas e o necessário crescimento econômico. Como produto inicial dessa preocupação tem-se, hoje, a noção que somente a partir da adoção de um projeto de desenvolvimento sustentável, integrando o conhecimento científico às necessidades sociais, será possível a conservação dos recursos naturais das florestas tropicais (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2003).

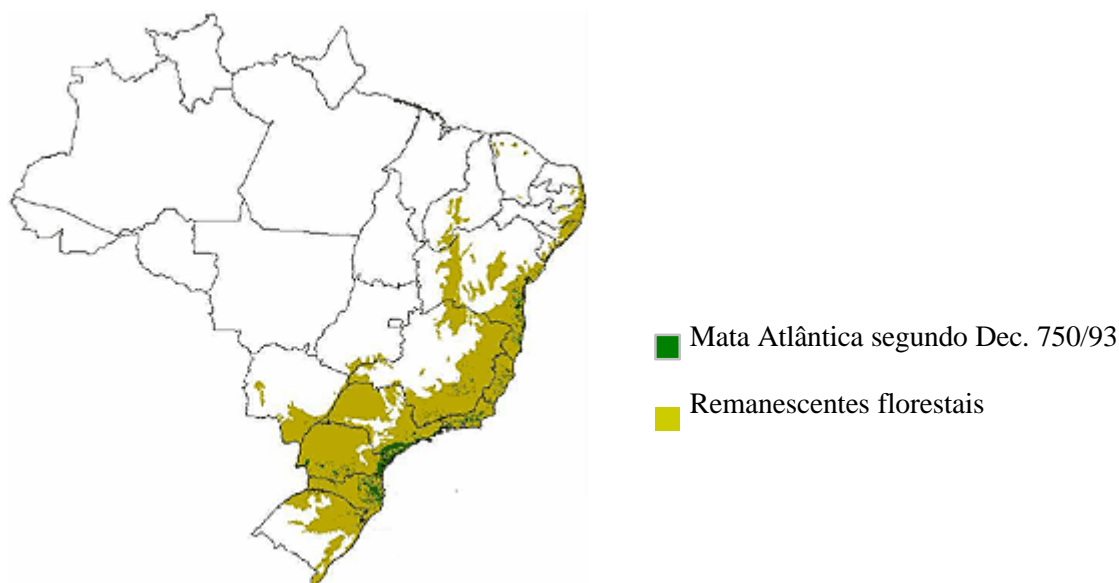
A Mata Atlântica (MA) é uma floresta tropical pluvial originariamente contígua, que se estendia do Nordeste ao Sul do país, conseqüentemente sendo submetida a diferentes climas, altitudes e latitudes (CONSÓRCIO MATA ATLÂNTICA, 1992). Localiza-se sobre uma imensa cadeia de montanhas, ao longo da costa brasileira, na qual o substrato dominante compreende rochas cristalinas. As montanhas mais antigas da região Sudeste estendem-se em áreas da Serra do Mar e foram formadas por atividades tectônicas no Período da Era Paleozóica.

Neste ambiente encontram-se vários ecossistemas associados, encerrando em seus limites uma grande diversidade de flora e fauna, muitas vezes endêmica, representando uma riqueza de patrimônio genético e paisagístico único, de valor mundial (CONSÓRCIO MATA ATLÂNTICA, 1992).

Sua extensão levou à formação de diferentes ecossistemas, que incluem as faixas litorâneas do Atlântico, florestas de baixada e de encosta da Serra do Mar, florestas interioranas e matas de Araucária (CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE, 2003). Entretanto, devido às explorações extensivas dos recursos naturais, a Mata Atlântica é tida como um dos ecossistemas mais degradados. Ao longo do tempo seu mosaico de ecossistemas foi sendo progressivamente transformado pela expansão das atividades econômicas. O espaço natural cede lugar a espaços construídos e/ou degradados (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2003). Originariamente a MA cobria 12% do território nacional, representando 1.000.000 km<sup>2</sup> (SIQUEIRA, 1996) e hoje está reduzida a 7,3% da cobertura original (Figura 1) (CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE, 2003). Esta redução se deve à devastação provocada pelos ciclos econômicos brasileiros como o do pau-brasil, o da cana-de-açúcar, o da mineração, o do café, o da pecuária, além da pressão demográfica e imobiliária (CONSÓRCIO MATA ATLÂNTICA, 1992).

Mesmo reduzida a 7,3% de seu território original e muito fragmentada, a MA possui uma importância social e ambiental enorme. Para cerca de 70% da população brasileira que vive em seu domínio, ela regula o fluxo dos mananciais hídricos, assegura a fertilidade do solo, controla o clima e protege escarpas e encostas das serras, além de preservar um patrimônio histórico e cultural imenso.

As regiões Sul e Sudeste do país foram submetidas a um processo intenso de ocupação e exploração agrícola do seu território, mais acentuadamente nos últimos cinquenta anos (SOARES & PEREZ FILHO, 1997), gerando uma perda acentuada de biodiversidade, matéria orgânica e nutrientes, entre outras.



**Figura 1.** Remanescentes da Mata Atlântica: o que resta hoje de Mata Atlântica. Fonte: (FUNDAÇÃO MATA ATLÂNTICA, 2003).

Em São Paulo, cerca de 80% da Mata Atlântica desapareceu, estando seus remanescentes localizados junto ao litoral, principalmente na região do Vale do Ribeira, nas escarpas das Serras do Mar e Mantiqueira e nas planícies litorâneas (MAMEDE et al., 2003).

## 2.2 Parque Estadual da Serra do Mar

O Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) foi criado pelo decreto Estadual n.º 10.251, de 30 de agosto de 1977, incorporando uma série de reservas Estaduais já existentes. Em 1979, foi alterado pelo decreto Estadual n.º 13.313 de 06 de março que acrescentou áreas do Município de Ubatuba ao seu limite anterior, próximo à divisa com o Estado do Rio de Janeiro, onde sobrepõe-se parcialmente ao Parque Nacional da Serra da Bocaina.

Como maior Parque Estadual paulista, com 315.390 ha, é a mais extensa unidade de conservação do Estado, englobando escarpas e alguns promontórios da serra do Mar, porções de planalto atlântico e segmentos restritos de planícies costeiras. Detém assim, a maior parte das nascentes dos rios que vertem para o Atlântico, responsável pelo abastecimento de água das populações urbanas do litoral.

O Parque Estadual da Serra do Mar abriga a maioria das unidades de conservação. Com cerca de 315 mil hectares, numa extensão que vai desde a divisa de São Paulo com o Rio de Janeiro até Itariri, no sul do Estado, passando por toda a faixa litorânea representa a maior porção contínua preservada de Mata Atlântica do Brasil, abrangendo 28 municípios: (Bariri, Bertioga, Biritiba-Mirim, Caraguatatuba, Cubatão, Cunha, Iguape, Itanhaém, Juquitiba, Mogi das Cruzes, Mongaguá, Natividade da Serra, Paraibuna, Pariquera-Açu, Pedro de Toledo, Peruíbe, Praia Grande, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Santo André, Santos, São Bernardo do Campo, São Luiz do Paraitinga, São Paulo, São Sebastião, São Vicente, Suzano e Ubatuba).



Da área total do Parque, 30% das terras são de domínio do Estado. Os 70% restantes estão sob ação discriminatória por iniciativa da Procuradoria Geral do Estado (PGE) e Instituto de Terras (ITESP), órgãos subordinados à Secretaria da Justiça ou sub judice em decorrência de ações de desapropriação indireta movidas por pessoas físicas e jurídicas que alegam ser proprietárias das áreas e reivindicam do Estado indenizações de valores altíssimos (ISMANIA, 2003).

### **2.3 Indicadores da Qualidade do Solo**

A agricultura intensiva tem causado grandes prejuízos na qualidade dos solos agrícolas pelo uso de monoculturas, utilização de grandes quantidades de fertilizantes químicos, corretivos e agrotóxicos para controlar pragas, doenças e ervas daninhas, o que tem ocasionado degradação do solo (CORDEIRO, 2003).

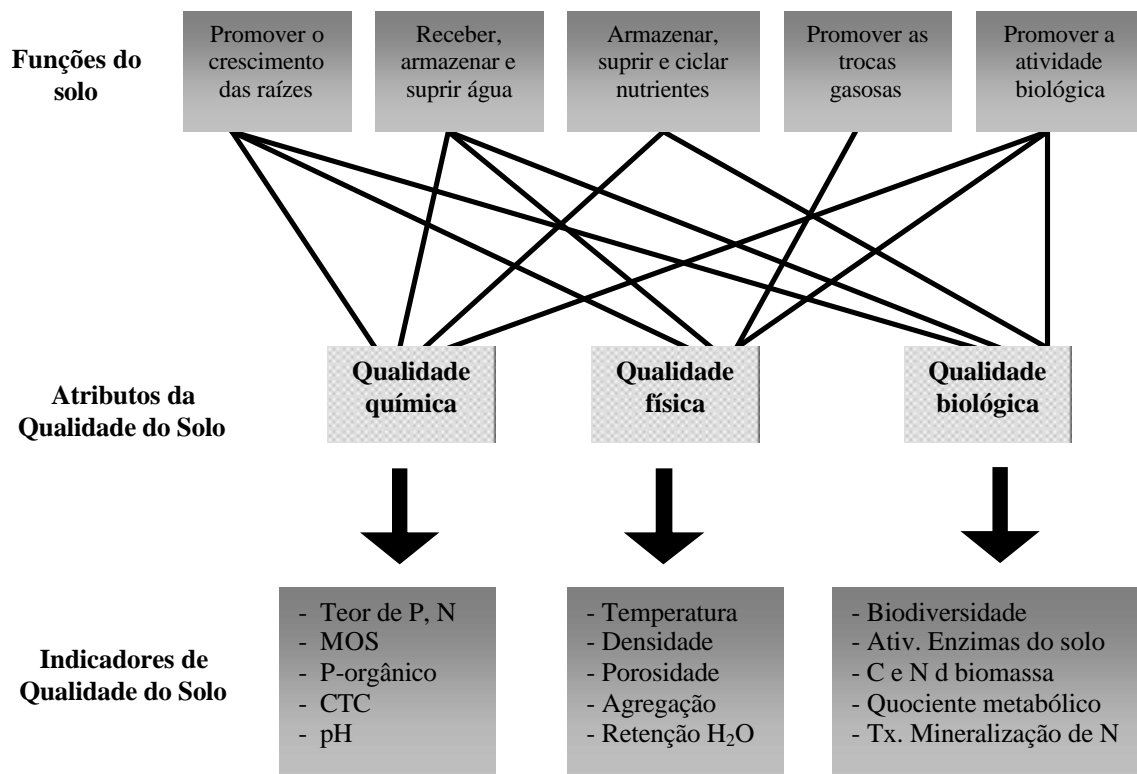
Desta forma, a procura por sistemas de manejo sustentáveis, com baixo uso de insumos diversificados e com fluxos de energia eficientes constitui-se em objetivo de pesquisadores, agricultores e técnicos florestais em todo o mundo (CHAER, 2001).

A qualidade do ambiente e da sustentabilidade agrícola ou florestal têm sido avaliada através de indicadores de qualidade do solo. Um solo manejado corretamente não só irá aumentar a produtividade das culturas, como também contribuirá para manter a qualidade ambiental (KENNEDY & PAPENDICK, 1995).

Nos últimos anos muitos pesquisadores tem se dedicado a estudos da qualidade do solo (KARLEN et al., 1997), sendo esta qualidade deduzida da intensidade das propriedades físicas, químicas e biológicas que, condicionam um meio para o crescimento das plantas, regulam o fluxo de água do ambiente e servem como regulador ambiental na formação, atenuação e degradação de seus componentes (LARSON & PIERCE, 1991). A qualidade do solo pode servir como indicador de mudança da capacidade que tem o mesmo, para atingir níveis ótimos de produção, mantendo sua integridade estrutural e biológica (PARR et al., 1992).

De acordo com ISLAM & WEIL (2000), a qualidade do solo, sendo um estado funcional complexo, não pode ser medida diretamente, mas pode ser inferida a partir de propriedades do solo designadas como propriedades indicadoras da qualidade do solo. PAPENDICK & PARR (1992) relatam que esses indicadores são de difícil identificação pela necessidade de considerar as múltiplas funções do solo em manter produtividade e bem estar ambiental, e por integrar atributos físicos, químicos e biológicos que definem estas funções. Contudo, ACTION & PADBURY (1993) conceituaram atributos de qualidade do solo como propriedades mensuráveis do solo que influenciam na capacidade do mesmo de favorecer a produção agrícola, nas funções ambientais do solo e na sua capacidade de realizar uma função específica.

O solo é um ambiente complexo onde interagem inúmeros processos químicos, físicos e biológicos. Combinando estes fatores de complexidade do ambiente solo com a definição de qualidade do solo, que reconhece as suas múltiplas funções, pode se ter idéia de que a medida de qualidade desse sistema é extremamente difícil (KELTING et al., 1999). Uma forma que tem sido proposta para superar esta dificuldade é a de definir as funções da qualidade do solo, identificando os atributos de cada função, e então, selecionar um conjunto mínimo de indicadores para medição de cada atributo (Figura 2).



**Figura 2.** Funções do solo, atributos a elas relacionados e indicadores de qualidade do solo para produção vegetal (CHAER, 2001).

A escolha de indicadores das condições de manejo dos solos tem sido uma preocupação constante dos especialistas, na busca de sistemas de produção mais sustentáveis. Os critérios para a seleção destes indicadores relacionam-se principalmente com a sua utilidade em definir os processos do ecossistema, integrando propriedades físicas, químicas e biológicas, além da sua sensibilidade ao manejo e às variações climáticas (DORAN, 1997).

### 2.3.1 Propriedades edáficas e qualidade do solo

Vários atributos do solo têm sido sugeridos para a quantificação das mudanças devido à degradação da qualidade do solo, em escala temporal e espacial.

Quando o solo passa de uma condição natural, floresta ou campo nativo, para cultivo anual, ocorrem modificações nas características físicas, químicas e biológicas sendo estas mais afetadas quanto maior a intensidade das alterações. As propriedades físicas, como o espaço poroso preenchido por água, que influenciam a atividade biológica têm sido identificadas como importantes indicadores de qualidade do solo (DORAN et al., 1990; LINN & DORAN et al., 1984).

A macroporosidade do solo é a mais facilmente afetada pelo manejo (AZOOZ et al., 1996; BARBER et al., 1997) pelo fato da estabilidade dos agregados normalmente ser função decrescente do seu tamanho; assim, agregados grandes, que compõem poros maiores, são destruídos mais facilmente que agregados menores. Embora o espaço poroso e outros indicadores biológicos sejam, temporalmente e talvez espacialmente, mais dependentes do que outros indicadores físicos como densidade do solo ou indicadores químicos como CTC, eles podem apresentar respostas rápidas às variações

nas práticas de manejo de solo e culturas (DORAN et al., 1990; LINN & DORAN et al., 1984). ALBUQUERQUE et al. (1995) observaram maior volume de macroporos e menor densidade do solo, nos sistemas de rotações de culturas comparados a sucessões de culturas.

A remoção da vegetação e da camada da matéria orgânica com a utilização de maquinários pode promover a compactação do solo. A qual causa uma reorganização das partículas do solo e dos agregados, e em decorrência disto muitas propriedades do solo podem ser modificadas (AGNEW & CARROW, 1985; SHIERLAW & ALSTON, 1984). As primeiras alterações são evidenciadas pela diminuição de macroporos, tamanho dos agregados, taxa de infiltração de água e aumento da densidade do solo (DALA ROSA, 1981; MACHADO et al., 1981; REINERT et al., 1984; SOUZA & COGO; 1978). A densidade do solo, outra propriedade física indicadora de degradação do solo, também é influenciada pela substituição da vegetação nativa por culturas, ou seja, torna-se maior em solos cultivados (COOTE & RAMSEY, 1983; NEVES et al., 1991; SILVA, 1981). BORGES et al. (1999), avaliando a alteração de propriedades físicas de um Latossolo Amarelo Álico após o cultivo com fruteiras perenes e mandioca, observaram que, de uma forma geral, o cultivo do solo elevou sua densidade.

ARSHAD & COEN (1992) sugerem distribuição de tamanho e da estabilidade de agregados do solo como indicadores para avaliar os efeitos de práticas de manejo do solo e de cultura na qualidade do solo. Estas propriedades são importantes pela sua relação com a resistência do solo à erosão (LUK, 1979 citado por GUERRA, 1999). BERTOL et al. (2004) avaliando as propriedades físicas sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, relatam que o índice de sensibilidade para o diâmetro ponderado de agregados demonstra que o preparo convencional implica maior degradação do solo quando comparado à semeadura direta, em relação ao campo nativo.

A dispersão da fração argila em água tem sido também relatada como indicador para efeitos de erosão e escoamento superficial na qualidade dos solos (MILLER & BAHARUDDIN, 1986; STERN et al., 1991), embora alguns autores não tenham observado diferenças significativas sobre os teores de argila dispersa em água entre diferentes sistemas de manejo (LIMA et al., 2003; PALMEIRA et al., 1999).

As propriedades químicas também são importantes na avaliação da qualidade do solo. Vários trabalhos têm demonstrado modificações destas propriedades sob diferentes usos e manejo (BAYER & BERTOL, 1999; CASTRO, 1995; DE MARIA & CASTRO, 1993; MIZZILI, 1983). Em estudos das propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos, SOUZA & ALVEZ (2003), observaram que os sistemas de pastagem e seringueira apresentaram reduções nos teores de matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), diminuição do pH, menor CTC, soma de bases (SB) e aumento do teor de alumínio (Al) em relação à vegetação natural. Já os sistemas de plantio direto e cultivo mínimo além da melhoria nas condições químicas do solo, apresentaram também níveis de matéria orgânica similares aos do sistema natural, sugerindo desta maneira, melhor qualidade ao solo.

Observando o efeito de diferentes formas de manejo do cafeeiro nas propriedades químicas do solo, THEODORO et al. (2003) relatam que o manejo do café orgânico proporcionou maior alteração nas características químicas do solo em relação ao manejo convencional, havendo incrementos no pH e nos valores de Ca, Mg, K, P, Zn, B, CTC do solo, SB, V% e diminuição do Al trocável.

O aumento nas concentrações de nutrientes, matéria orgânica e íons hidrogênio (diminuição do pH) na superfície do solo, e a significativa estratificação de fósforo e

potássio têm sido relatados por vários pesquisadores como propriedades associadas às modificações na qualidade das terras (BLEVINS et al., 1983; ERBACH, 1982).

### **2.3.2 Matéria orgânica do solo (MO) como indicadora da qualidade do solo**

A MO é gerada a partir da decomposição dos resíduos de plantas e animais, sendo formada por diversos compostos de carbono em vários graus de alteração e interação com as outras fases do solo (mineral, gasosa e solução) (SILVA et al., 2004). Ela representa a principal fonte de carbono ( $1600 \times 10^{15}$  g C) do total da reserva terrestre deste elemento (em torno de  $2200 \times 10^{15}$  g C) (ZECH et al., 1997). Segundo MOREIRA & SIQUEIRA (2002) o tipo de vegetação e as condições ambientais são fatores determinantes da quantidade e qualidade do material depositado ao solo, determinando a heterogeneidade e taxa de decomposição do mesmo.

A importância da MO em relação às características químicas, físicas e biológicas é amplamente reconhecida. Ela pode influenciar na capacidade produtiva do solo através da amenização do efeito de elementos e compostos tóxicos, capacidade de infiltração e retenção de água, aeração, atividade biológica, capacidade de troca de cátions e disponibilidade de nutrientes (SILVA et al., 2004). Desta maneira, a sua influência sobre as características do solo e a sensibilidade às práticas de manejo determinam que a MO seja considerada uma das principais propriedades na avaliação da qualidade do solo (DORAN & PARKIN, 1994).

CONCEIÇÃO (2002), avaliou os impactos de práticas de manejo (preparos convencional e reduzido) em áreas com plantio de aveia e milho utilizados por 15 anos que resultaram em diferentes níveis de qualidade do solo quando comparadas com campo natural. Ele encontrou que, entre os diversos atributos avaliados, a MO, na camada de 0-5 cm, foi um dos que expressou melhor concordância com a ordenação da qualidade do solo.

O conteúdo de carbono orgânico tem sido sugerido como indicador de qualidade do solo, entre outras razões, porque a diminuição deste componente pode estar diretamente relacionada à redução da estabilidade de macro e microagregados (BAYER & MIELNICZUK, 1999; CHURCHMAN & TATE, 1987; POJASOK & KAY, 1990; TISDALL & OAEDES, 1982). LIMA et al. (2003) estudando a estabilidade de agregados sob diferentes sistemas de manejo relatam que o diâmetro médio ponderado dos agregados do solo correlacionou-se, linear e positivamente, com o carbono orgânico.

Para a maioria dos solos tropicais úmidos, a MO é a principal fonte de nutrientes minerais às plantas (FRANCO et al., 1992). Por este motivo quando há a retirada da vegetação original, freqüentemente seguida de práticas inadequadas de manejo, observa-se após alguns anos a degradação e a perda da fertilidade do solo. Isto pode estar relacionado a uma combinação de fatores, tais como a exportação dos nutrientes pelas culturas ou sua perda por lixiviação; a instalação de um processo erosivo resultado da incidência direta das chuvas sobre a superfície do terreno, decorrente da ausência de uma cobertura vegetal; a supressão de toda a camada superficial do solo (FRANCO & FARIA, 1997; GUERRA, 1999). Nos casos onde há a remoção dos horizontes superficiais, comumente observada em áreas de construção de estradas, ferrovias, barragens ou em áreas de mineração a céu aberto, a intensidade da degradação é ainda maior (DIAS & GRIFFITH, 1988), pois esta é a região do sistema edáfico mais rica em nutrientes, microrganismos e propágulos vegetativos.

A MO é fundamental para a atividade biológica do solo, uma vez que é sua fonte de energia. A quantidade, diversidade e atividade da fauna do solo e dos

microrganismos estão diretamente relacionadas com a quantidade de matéria orgânica (SÁNCHEZ & VILELA, 2002). Desta forma, práticas agrícolas que tendem a reduzir o seu conteúdo no solo estarão afetando a biota do solo.

Os estoques de MO em qualquer agrossistema são obtidos pela interação dos fatores que determinam a sua formação e aqueles que promovem a sua decomposição. A hipótese mais aceita estabelece um declínio no estoque da MO após a conversão de florestas nativas em sistemas agrícolas (HOUGHTON et al., 1991). LEITE et al. (2003), observaram em áreas cultivadas por 16 anos sob diferentes estratégias de manejo uma redução nos estoques de carbono orgânico total (COT) em relação à Floresta Atlântica, indicando a suscetibilidade da oxidação do COT dos solos sob vegetação natural, quando estes são submetidos à agricultura.

Nos sistemas agrícolas, a dinâmica da MO pode ser modificada pelo manejo por meio de seleção de culturas e de formas de preparo do solo, e também pela adição de fertilizantes químicos e materiais orgânicos, que influenciam nos processos biológicos de decomposição e mineralização da MOS (LEITE et al., 2003). Estes mesmos autores observaram menores perdas de COT nos sistemas submetidos à adubação orgânica em relação aos sistemas com adubação mineral ou sem adubação, indicando maior resiliência destes sistemas.

As práticas de manejo que adicionam ou mantêm carbono orgânico no solo parecem estar entre as mais importantes para restabelecer, manter ou melhorar as propriedades do solo (KARLEN et al., 1994). Esta constatação é muito importante no sentido de direcionar a busca de indicadores de qualidade do solo, pois mostra que os atributos candidatos a indicadores que têm íntima relação com a matéria orgânica têm maior chance de serem adequados para o objetivo em questão (LEONARDO, 2003).

Além do COT, existem outras formas de avaliar o efeito das práticas de usos e manejo da terra sob a qualidade do solo tal como as substâncias húmicas que é o termo utilizado para descrever materiais e frações obtidas com base em características de solubilidade da MO em meio ácido e alcalino (SILVA et al., 2004). Estas substâncias são polifenóis remanescentes da lignina, a unidade base combinada com aquelas sintetizadas pelos microrganismos que, em função da sua solubilidade relativa em álcali e ácidos, são grosseiramente separados em ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

Os ácidos húmicos e fúlvicos representam a porção solúvel em meio alcalino, de maior reatividade e conseqüentemente de maior polaridade. Os ácidos fúlvicos são os compostos húmicos de maior solubilidade por apresentarem maior polaridade e menor tamanho molecular, sendo os principais responsáveis por mecanismos de transporte de cátions dentro do solo, por meio de complexos organo-metálicos, caracterizando o processo de queluviação (DUCHAUFOR, 1982). Os ácidos húmicos apresentam pouca solubilidade nas condições de acidez normalmente encontradas em solos, sendo responsáveis pela maior parte da CTC de origem orgânica em camadas superficiais de solos. A humina, apesar de apresentar baixa reatividade, é um composto responsável por mecanismos de agregação de partículas e na maioria dos solos tropicais representa a maior parte do carbono humificado do solo (BENITES et al., 2003).

A fração orgânica humificada, além de fazer parte da matriz do solo na forma de colóides orgânicos, exerce profundos efeitos nas suas propriedades e também direta ou indiretamente sobre as plantas e organismos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). Desta maneira, a quantidade e a proporção com que estas frações são encontradas nos solos têm servido como indicador de qualidade dos solos em diversos trabalhos.

Assim como o solo, o húmus, síntese da interação vegetação-solo, não é um meio estável, mas evolui até alcançar o equilíbrio com o meio externo. Por isso, ele é

considerado clímax em sistemas não perturbados, podendo servir como diagnóstico das alterações produzidas pelo uso dos solos (DUCHAUFOR & TOUNTAIN, 1985). Segundo FONTANA et al. (2001), a natureza do húmus do solo pode variar substancialmente com clima, vegetação e condições do próprio solo.

### **2.3.3 Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) como indicadores de qualidade do solo**

As micorrizas arbusculares (MAs) são associações entre plantas e fungos do solo do filo Glomeromycota (SCHÜBLER, 2001). Estes fungos são de fundamental importância para 90% das espécies de plantas vasculares (SIQUEIRA, 1991), ou seja, colonizam as raízes de plantas de quase todos os gêneros das Gimnospermas e Angiospermas, além de alguns representantes das Briófitas e Pteridófitas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). Os FMAs vêm desempenhando funções importantes nos ecossistemas terrestres por mais de 460 milhões de anos, como evidenciado pelas estruturas fossilizadas dos fungos (REDECKER et al., 2000).

Estes fungos constituem um dos componentes importantes da biota dos solos. Os benefícios desta simbiose para as plantas são muitos, sendo o mais evidente o nutricional (SIQUEIRA & SAGGIN JÚNIOR, 1995). Estes benefícios dependem da eficiência simbiótica dos fungos, do grau de dependência micorrízica da planta e de condições ambientais, razão por que as respostas das plantas à inoculação com FMAs são variáveis, indo de grandes estímulos no crescimento a respostas nulas ou negativas.

Fungos micorrízicos arbusculares são encontrados nos solos como esporos, hifas ou infectando fragmentos de raízes (SYLVIA & JARSTFER, 1992). A remoção da vegetação e a perda da camada superficial orgânica e da modificação da estrutura do solo por processos erosivos ou ações mecânicas, como raspagem e revolvimentos dos horizontes superficiais, podem promover a eliminação parcial ou total dos propágulos dos fungos micorrízicos. Em geral estes processos provocam uma drástica redução na capacidade infectiva radicular dos FMAs, podendo assim, afetar a sucessão das plantas pela limitação de espécies vegetais capazes de crescerem sem estabelecer simbiose com estes fungos (SOUZA & SILVA, 1996). CUENCA et al., (1998) observaram que a remoção da camada superficial do solo causou um acentuado decréscimo na diversidade de esporos de FMAs e após a revegetação destas, encontrou-se um aumento no número de esporos, mas sua diversidade não foi recuperada aos valores originais encontrados em ecossistemas não perturbados. Contudo, ALLEN et al. (1995) relatam que em regiões áridas incluindo desertos e pastagens, onde os solos apresentam baixo conteúdo de matéria orgânica, os FMAs são mais abundantes.

Em estudos feitos por COSTA et al. (1999), sobre a ocorrência de fungos MAs em diferentes sistemas de uso da terra em Theobroma – RO, verificaram que os solos sob pastagem apresentaram maior população média de esporos que solos de floresta, capoeira melhorada com leguminosas, mandioca e feijão. MACÊDO et al. (2004) também observaram nos tratamentos de monocultivo de café e pastagem, maior ocorrência média de esporos em relação aos tratamentos com sistemas agroflorestais e mata, que são ambientes de maior biodiversidade vegetal.

FRANÇA (2004), avaliando comunidades de FMAs nos manejos convencional e orgânico de citros observou que o número de espécies (12 espécies) encontradas no sistema convencional concordou com os dados de SIQUEIRA et al. (1989) para agroecossistemas. Entretanto, o grande número de espécies (22 espécies) encontradas no sistema orgânico foi comparável ao esperado em ecossistemas não cultivados, de acordo com MOREIRA-SOUZA et al. (2003) e SIQUEIRA et al. (1989). Desta forma,

considerando que os dois sistemas estão em mesmas condições de clima e tipo de solo, o autor propõe que os diferentes manejos favoreceram diferentes comunidades de FMAs. Sendo assim, fatores como monocultivo, manejo e fertilidade do solo exercem significativa influência na ocorrência de espécies e quantidade de esporos de fungos micorrízicos.

Segundo MOREIRA & SIQUEIRA (2002) a monocultura prolongada, seleciona fungos de rápido crescimento e esporulação, ocorrendo uma seleção para sobrevivência e não para eficiência no hospedeiro. Isto pode resultar na seleção de espécies de baixa eficiência ou em associações de natureza parasítica para a cultura, fenômeno este que pode se reverter pela rotação de culturas. Além da monocultura, alterações no ecossistema, como indicadas por vários fatores relacionados ao uso da terra, reduzem ao desenvolvimento das MAs em até 80% e isto tem conseqüências negativas para o agrossistema.

Além disso, as características físicas como textura e condições de umidade do solo, aeração e a compactação influenciam as MAs. Os solos com elevado teor de umidade ou sujeitos à inundação, portanto com aeração deficiente, são geralmente desprovidos de FMAs, porque os fungos e as raízes são aeróbios e poucas espécies hospedeiras crescem nessas condições, embora várias plantas aquáticas formem associações micorrízicas. A temperatura do solo também é um fator físico de grande impacto nos FMAs, que exibem elevada capacidade de adaptação a variação de temperatura (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

A identificação das espécies é em geral feita pelas características morfológicas dos esporos e a quantificação destes tem sido muito usada na avaliação da abundância e no número de espécies de FMAs. Isto se deve à alta resistência dos esporos às condições adversas (ABBOT & ROBSON, 1991), embora se saiba que algumas espécies podem estar presentes em outras formas que não seja a de esporos. As espécies de FMA têm diferentes tolerâncias e se comportam de maneiras distintas conforme as condições ambientais (KLIRONOMOS et al., 1993).

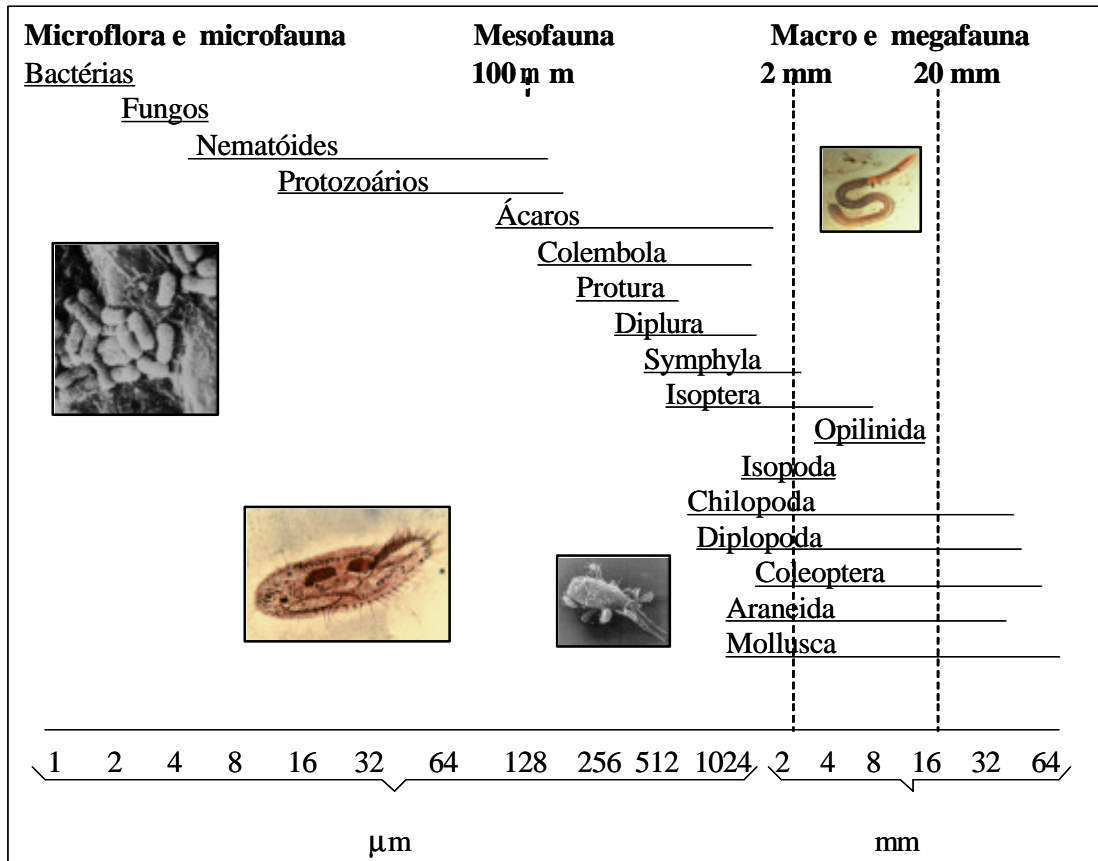
#### **2.3.4 Fauna do solo como indicadora da qualidade do solo**

Fauna do solo é o termo utilizado para identificar a comunidade de invertebrados que vive permanente ou que passa um ou mais ciclos de vida no solo. Morfologicamente, ela consiste de um grupo diverso de organismos que variam em tamanho a partir de poucos micrômetros até vários centímetros ou mais. Assim, a fauna é classificada, tradicionalmente, com base nas dimensões corporais em micro, meso, macro e megafauna (Figura 3). Além disso, ela também pode ser classificada de acordo com os aspectos funcionais. Alguns grupos como os saprófagos, predadores, sociais, micrófagos e os não edáficos foram destacados por CORREIA (1994).

Estes invertebrados têm funções complexas nos processos do solo (Tabela 1). De acordo com GONZÁLEZ et al. (2001), eles podem influenciar nestes processos de duas maneiras: de forma direta e importante sobre os processos do ecossistema através da modificação física da serrapilheira e do ambiente do solo. E de forma indireta, através da regulação das comunidades microbianas.

Conforme SWIFT et al. (1979) a microfauna é composta por organismos que variam de 4µm a 100µm. Ela influencia a disponibilidade de nutrientes alimentando-se da microflora e partículas orgânicas e são organismos aquáticos, vivendo associados ao filme de água do solo de maneira que sua abundância varia de acordo com a disponibilidade de alimentos e ciclos de umedecimento e secagem no solo e na serrapilheira. A mesofauna com um diâmetro corporal que varia de 100µm a 2 mm,

apresenta organismos com diferentes estratégias alimentares e sua maior função está no processo de decomposição, regulando as populações microbianas e fragmentando o material vegetal em decomposição. Os animais da macrofauna apresentam diâmetro corporal entre 2 mm e 20mm e capacidade de afetarem diretamente o funcionamento e as propriedades do solo.



**Figura 3.** Classificação de tamanho da biota do solo (SWIFT et al., 1979, modificado).



**Tabela 1.** Influência da biota do solo nos processos do ecossistema. Modificado de HENDRIX et al. (1990).

<b>Categoria</b>	<b>Ciclagem de nutrientes</b>	<b>Estrutura do solo</b>
<b>Microflora</b>	Catabolizam a matéria orgânica; Mineralizam e imobilizam nutrientes.	Produzem compostos orgânicos que ligam partículas primárias formando agregados.
<b>Microfauna</b>	Regulam as populações de bactérias e fungos; Alteram a ciclagem de nutrientes.	Podem afetar a agregação do solo através das interações com a microflora.
<b>Mesofauna</b>	Regulam as populações de fungos e da microfauna; Alteram a ciclagem de nutrientes; Fragmentam detritos vegetais.	Produzem pelotas fecais; Criam bioporos; Promovem a humificação.
<b>Macrofauna</b>	Regulam as populações de fungos e da microfauna; Estimulam a atividade microbiana.	Misturam partículas orgânicas e minerais; Redistribuem a matéria orgânica e microrganismos; Promovem a humificação; Produzem pelotas fecais.

Então, de uma forma geral, a micro e a mesofauna tem função de proporcionar um aumento da atividade biológica (WRIGHT et al., 1989) e acelerar a decomposição (CHRISTIANSEN et al., 1989; SETALA et al., 1988), bem como mediar os processos de transporte no solo (ANDERSON, 1988). E a macrofauna influencia os processos do solo através da escavação e/ou ingestão e transporte de material mineral e orgânico do solo. Além disso, ao utilizarem significativa quantidade de matéria orgânica para se alimentarem e produzirem as estruturas biogênicas, alteram a dinâmica da MO do solo (LAVELLE et al., 1997). GONZÁLEZ et al. (2001) observaram que os efeitos da fauna sobre a decomposição da MO podem ser acima de 66% em florestas tropicais úmidas.

Os invertebrados do solo são sensíveis ao manejo, a impactos de origem antrópica, bem como a propriedades inerentes ao próprio ecossistema, tais como mudanças climáticas, que segundo BRIONES et al. (1997) pode resultar no surgimento de novas espécies, aumento do número de espécies mais tolerantes a temperaturas elevadas, bem como a migração para outros microhabitats ou camadas, dormência ou extinção. As condições do solo, como o pH, conteúdo de nutrientes e matéria orgânica, e a estrutura da vegetação que determina a diversidade de microhabitats e condições de vida dos invertebrados (DECAENS et al., 1998) também tem grande influência sobre estes organismos. Assim, dada à estreita associação da comunidade com os processos que ocorrem no subsistema decompositor e a sua grande sensibilidade a interferências

no ecossistema, sua abundância e composição refletem o padrão de funcionamento do ecossistema (CORREIA, 1997).

Muitos trabalhos têm usado avaliações de comunidade de invertebrados para examinar a qualidade do solo e o efeito de mudanças induzidas pelo homem, uma vez que a perda de espécies parece ter impacto direto na qualidade do solo (STORK & ENGGLETON, 1992). Alguns estudos já realizados na Amazônia, em diversos tipos de manejo do solo, demonstram que nos ambientes florestais a diversidade da fauna do solo é mais elevada do que nos agroecossistemas, onde o solo foi modificado pelo desmatamento para o preparo intensivo de áreas e implantação de culturas. As formas de avaliação da fauna do solo, no entanto, podem ser as mais variadas possíveis, sendo praticamente impossível retratar uma comunidade na íntegra. A escolha de determinados grupos taxonômicos associados a habitats ou funções semelhantes no ecossistema tem sido utilizada como alternativa. Outra forma de avaliação é a determinação da composição de organismos em nível de grandes grupos taxonômicos (CORREIA, 1997). Desta maneira, diversos grupos de organismos da fauna edáfica vêm sendo utilizados como indicadores da qualidade do solo.

O grupo Isoptera (cupins) tem um papel importantíssimo nos ecossistemas tropicais, junto com as formigas (Formicidae) são insetos exclusivamente sociais. É considerado um dos principais agentes na fragmentação de material orgânico e sua mistura com o solo mineral (POGGIANI et al., 1996). Também são responsáveis por facilitar a infiltração de água, troca de gases e incorporação de nutrientes através das atividades de construção de ninhos e/ou galerias junto ao solo (GASSEN, 1999). Existem relatos de que estes insetos auxiliam no balanço de carbono-nitrogênio (HIGASHI & ABE, 1997).

Os grupos de insetos holometábolos como Coleoptera e Diptera também são importantes no solo. A ordem Diptera apresenta diversos grupos que incluem organismos de vários tamanhos, formas e hábitos alimentares (ex. saprófagos, espécies fungívoras, predadores, etc.) (SMITH, 1989). Algumas de suas espécies têm importante função na decomposição da matéria orgânica e liberação de nutrientes (FROUZ, 1999). Os Coleopteros também apresentam variações na forma, tamanho, distribuição e função (COLEMAN & CROSSLEY, 1996). Grande parte deles decompõem o material orgânico, reciclando nutrientes, ou controlam populações de decompositores por meio da predação (PENNY et al., 1978).

Os grupos Isopoda e Diplopoda são importantes como vetores de FMAs (RABATIN & STENNER, 1988). Além disso, Isopodas também podem mover a serrapilheira em profundidade no solo (HASSELL et al., 1987). Os Diplopoda são os maiores consumidores de fragmentos orgânicos em floresta temperada e tropical onde se alimentam de material vegetal morto (COLEMAN & CROSSLEY, 1996).

A ordem Collembola apresenta organismos que respondem sensivelmente às modificações imprimidas ao solo. Além disto, colêmbolos são a base alimentar de uma grande variedade de outros organismos (ROVEDDER et al., 2003). Seu papel é o de fragmentar a cobertura vegetal recém morta, adicionando-a ao solo, para que seja aproveitada pelos demais organismos da cadeia alimentar, formando o húmus. Também influenciam a fertilidade do solo através da estimulação da atividade microbiana e da distribuição de esporos de espécies fúngicas. Sua população pode ser modificada de forma drástica por práticas culturais que criam um ambiente diferente para organismos, alterando a umidade e aeração do solo (SAUTER, 1991). E a vegetação também é um fator que afeta esta população em função da densidade de cobertura do solo e da quantidade de matéria orgânica que as espécies vegetais adicionam.

Existem outros grupos também de grande importância que podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo como Chilopoda, Symphyla, Pseudoscorpionida, Aranae, entre outros.

A componente biológica é de grande importância na recomposição e como indicador de degradação dos ecossistemas, pois atuam em processos que vão desde a origem do solo (intemperização das rochas), formação e manutenção da sua estrutura até a decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, biorremediação de poluentes e metais pesados (ATTIWILL & ADAMS, 1993 apud MENDES & VIVALDI, 2001). Com isso, todos os fatores que afetam negativamente os organismos, promovendo perda da matéria orgânica, também provocam deterioração das propriedades físicas e químicas do solo (MENDES & VIVALDI, 2001), exceto a adubação mineral.

Segundo DUAMANSKI & PIERRI (2000) a qualidade do solo e a agrobiodiversidade estão intimamente ligadas, e desta maneira, devem ser avaliadas em conjunto.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição da Área em Estudo

##### 3.1.1 Localização

A área de estudo localiza-se no sítio do Sr. José Inocêncio Alves, no bairro Sertão de Ubatimirim, localizado 35 km ao norte da Sede do Município de Ubatuba (SP), próximo à divisa com o Estado do Rio de Janeiro (Figura 4). Localiza-se nas coordenadas geográficas 23°18'14'' de latitude Sul e 44°51'44.1'' de longitude Oeste e altitude em torno de 54m. Na figura 5 é apresentado um perfil esquemático da região em estudo (RAIMUNDO, 2001).

Na propriedade foram selecionadas quatro áreas, a saber:

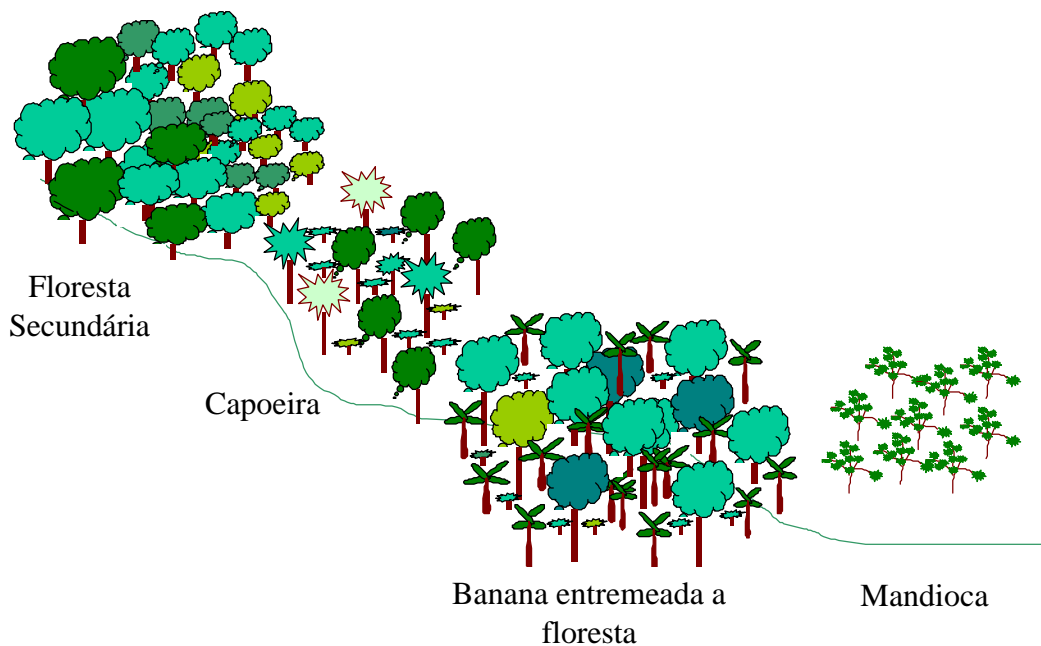
- Área de plantio de mandioca com aproximadamente sete meses, sendo que a cultura vem sendo conduzida há cinco anos na área (Figura 6). O plantio não foi feito em camalhões e são feitas capinas periódicas;
- Área de plantio de banana entremeadada à floresta (25 anos de condução) (Figura 7). Esse bananal apresentava um sub-bosque de herbáceas nativas e também algumas espécies arbóreas nativas como guapuruvu (*Schyzolobim parahyba*) e palmito Jussara (*Euterpes edulis*), entremeadadas aos pés de bananas. As bananeiras não apresentavam um espaçamento definido, mas sim uma distribuição irregular no terreno. Foram realizadas roçadas na área e limpeza das mudas (raleamento);
- Área de capoeira (40 anos de revegetação) (Figura 8); e
- Área de floresta secundária (Figura 9) pertencente ao PESM.

Nas áreas de cultivo da banana e da mandioca não se realizam as práticas convencionais de uso do solo tais como, aração, gradagem e adubação. Segundo o proprietário, após a colheita do cacho de banana, o pseudo-caule da bananeira é cortado, permanecendo sobre o solo (RAIMUNDO, 2001).

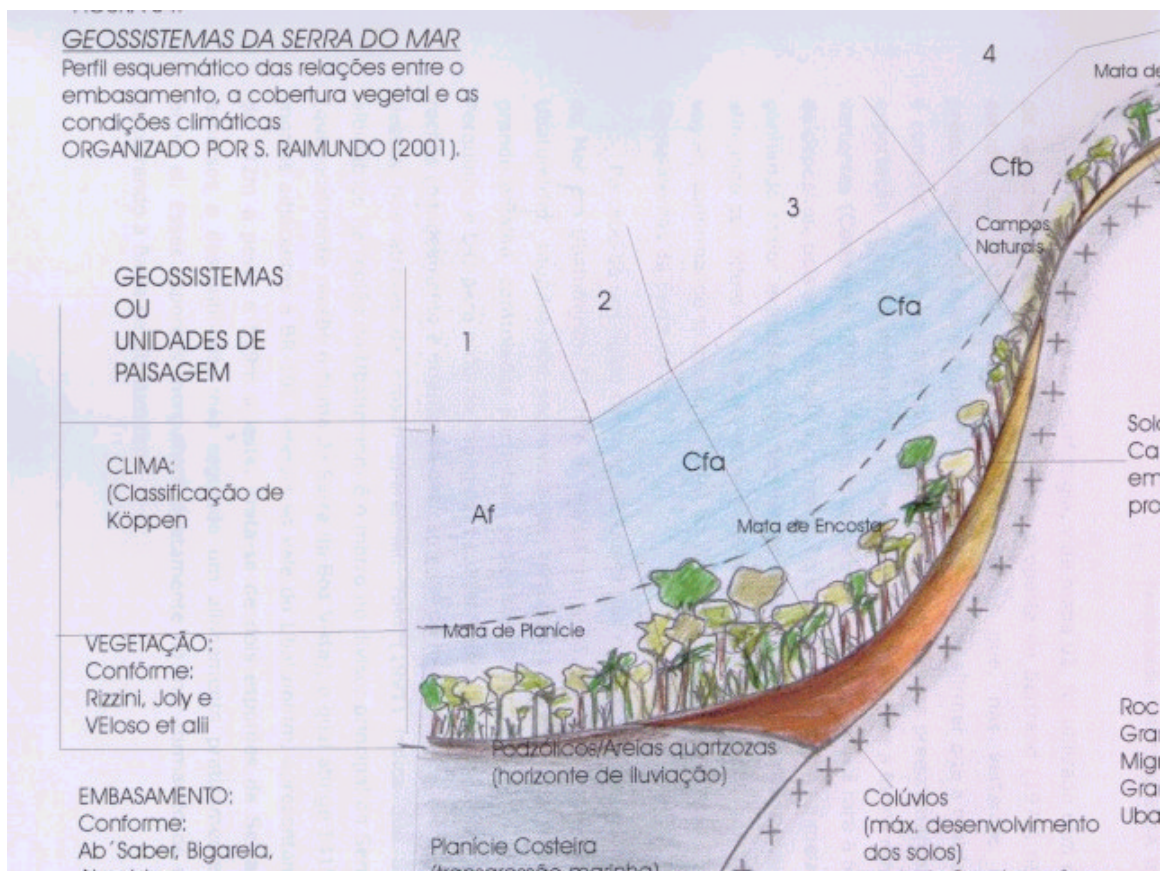
Em cada uma das áreas, foi delimitado um espaço de 400 m<sup>2</sup> para a avaliação das propriedades edáficas. Foram realizadas coletas em julho de 2003 e março de 2004.



**Figura 4.** Mapa do Brasil e do Estado de São Paulo em destaque a cidade de Ubatuba (seta). [www.morriderir.com/BRApoli.gif](http://www.morriderir.com/BRApoli.gif).



**Figura 5.** Croqui da área em estudo (Floresta Secundária, capoeira, plantio de banana e mandioca).



**Figura 6.** Perfil esquemático das relações entre embasamento, cobertura vegetal e as condições climáticas (RAIMUNDO, 2001).



**Figura 7.** Vista parcial da área de plantio de mandioca com aproximadamente 7 meses, sendo que a cultura vem sendo conduzida há cinco anos na área.



**Figura 8.** Vista parcial da área de plantio de banana entremeada à floresta com aproximadamente 25 anos de condução.



**Figura 9.** Vista parcial da área de capoeira com 40 anos de revegetação no entorno do PESM em Ubatuba (SP).

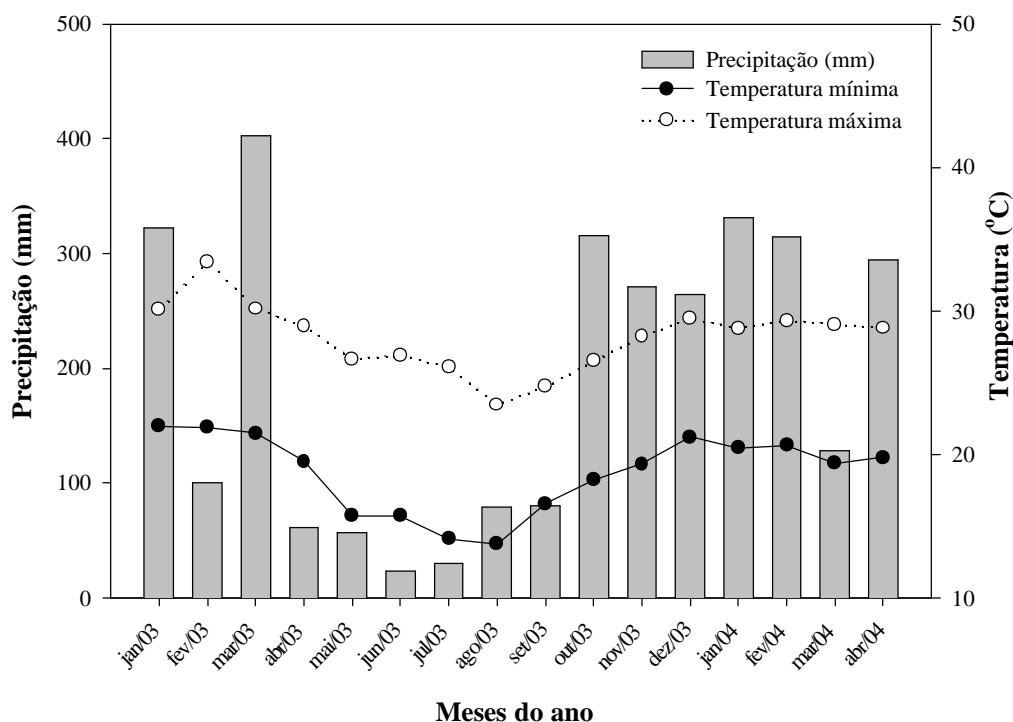


**Figura 10.** Vista parcial da área de floresta secundária no PESM em Ubatuba (SP).

### 3.1.2 Clima e solo

O clima da região é segundo a classificação de Köppen do tipo Cfa, úmido com temperaturas brandas, na qual a média do mês mais quente é superior a 22°C. As precipitações variam de 1500 a 2500 mm chegando a 4300 mm nos contrafortes da serra do Mar (RADAM BRASIL, 1983)

Na Figura 10, estão representadas as médias de temperatura (°C) e precipitação (mm) da área em estudo, no período de janeiro 2003 a abril de 2004.



**Figura 11.** Médias de temperatura (°C) e precipitação (mm) da área estudada no período de janeiro de 2003 a abril de 2004.

Na área de estudo predominam os Cambissolos Háplicos, sendo também observados Neossolos Litólicos nas áreas de maior declividade. Segundo RAIMUNDO (2001) os Cambissolos apresentam caráter distrófico, identificados por possuírem saturação por bases  $\leq 50\%$ . O relevo é montanhoso com vertente tendendo a concavidade. O solo apresenta litologia de migmatitos e granulitos; a área é pedregosa e ligeiramente rochosa, e é acentuadamente drenado.

### 3.1.3 Histórico da área

O sertão de Ubatimirim é um bairro típico de moradores das áreas rurais do litoral norte paulista. Apresenta aproximadamente 450 indivíduos, sendo cerca de 10% de sua população migrantes do norte do Estado de Minas Gerais e dos Estados do nordeste do Brasil (RAIMUNDO, 2001). Na área são mantidos hábitos da comunidade caiçara como a fabricação de canoas, farinha de mandioca, entre outros.



A renda da localidade é gerada principalmente com as plantações de banana e algumas culturas anuais, como a mandioca (RAIMUNDO, 2001). Produzindo, aproximadamente, 90% da produção de banana do município, o sertão de Ubatumirim é considerado como uma das regiões de maior importância agrícola de Ubatuba.

A região apresenta, também, atividades ligadas ao extrativismo (retirada de madeira e palmito). Observa-se, dentro dos limites do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), ocorrência de áreas de plantio de banana e duas localidades com ocupação humana, em áreas de risco, entre as cotas 100 e 200. No levantamento parcial realizado pelo ITESP (Secretaria da Justiça), ao longo do rio Ubatumirim, constatou-se a presença de, aproximadamente, 18 glebas dentro dos limites do PESM, estando as áreas, na maioria, ocupadas com a cultura da banana.

Na região próxima à BR-101, estendendo-se da planície até os limites do parque (área do sertão), foram cadastradas 125 glebas. Algumas, localizadas próximas à BR, estão parcialmente dentro dos limites do parque estadual. O principal vetor de pressão sobre o parque é, portanto, a produção agrícola e o extrativismo (NÚCLEO PINCIGUABA, 2003). Neste contexto, ocorrem vários conflitos entre a comunidade caiçara, as ações da unidade de conservação e pressão imobiliária na área.

Em Ubatumirim os terrenos abaixo da cota de 100 metros de altitude, ou seja, fora dos limites do parque, estão deixando de ser agricultáveis e se tornando chácaras de final de semana e segundas residências. A pressão imobiliária além do crescimento familiar e da comunidade, acaba adentrando o território caiçara e modificando-o. O caiçara então, perde seu território, começa a subir as encostas da Serra. E desta maneira, gera conflitos com a legislação ambiental (RAIMUNDO, 2001).

## **3.2 Avaliação da Fertilidade do Solo**

### **3.2.1 Amostragem**

Para coleta das amostras, em cada uma das áreas foi delimitado um espaço de 400 m<sup>2</sup>. As amostras foram coletadas com um trado sonda a uma profundidade de 0-5 cm e 5-10 cm. Foram coletadas de cada área trinta amostras simples, que misturadas de 10 em 10, resultaram em três amostras compostas. Estas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2,0 mm, para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA) e procedidas às determinações químicas e físicas segundo EMBRAPA (1997) e extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo segundo BENITES et al. (2003). Para a avaliação da densidade do solo (Ds) e volume total de poros (VTP) foram coletadas cinco amostras indeformadas com auxílio de um anel de Kopecky.

### **3.2.2 Análises químicas**

#### **pH em água e em KCl 1 mol L<sup>-1</sup>**

Determinado potenciometricamente na suspensão solo-líquido de 1:2,5, com tempo de contato não inferior a uma hora e agitação da suspensão antes da leitura.

#### **Cálcio e Magnésio trocáveis**

Estes elementos químicos foram extraídos com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (1:10) e determinados por complexometria, em presença do coquetel tampão. O Ca<sup>+2</sup> foi determinado em presença de KOH a 10% e titulado com EDTA 0,0125 mol L<sup>-1</sup>; o Mg<sup>+2</sup> foi obtido por diferença entre a soma de Ca<sup>+2</sup> + Mg<sup>+2</sup> e o teor de Ca<sup>+2</sup>.

### **Potássio e Sódio trocáveis**

Extraídos com solução de HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup> na proporção solo-solução 1:10 e determinados por fotometria de chama.

### **Alumínio trocável (Al<sup>+3</sup>)**

Extraído com solução KCl 0,5 mol L<sup>-1</sup> na proporção de 1:10 e determinado pela titulação da acidez com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>.

### **Acidez extraível (H<sup>+</sup> + Al<sup>+3</sup>) e Hidrogênio extraível (H<sup>+</sup>)**

Extraída com solução de acetato de cálcio 1 mol L<sup>-1</sup>, ajustada a pH 7,0 na proporção de 1:15 e determinada por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>. O H<sup>+</sup> foi obtido por diferença entre o valor de acidez extraível e o teor de Al<sup>+3</sup>.

### **Valor S, T, e V%**

Calculados pelas seguintes relações:

- Soma de bases trocáveis (Valor S) = soma dos teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio trocáveis.

- Valor T = Valor S + Valor H; sendo o Valor H = (H<sup>+</sup> + Al<sup>+3</sup>)

- Porcentagem de saturação por bases (Valor V%) = (Valor S/ Valor T) x 100

### **Porcentagem de saturação por alumínio (Valor m)**

Calculada pela expressão:  $100 \times [Al^{+3} / (Valor S + Al^{+3})]$ .

### **Carbono orgânico**

Determinado pela oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio 0,2 mol L<sup>-1</sup> em um meio sulfúrico e titulação pelo sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol L<sup>-1</sup>.

### **Fósforo assimilável**

Extraído com solução de HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup> e determinado por colorimetria após a redução do complexo fosfomolibídico com ácido ascórbico, em presença de sal de bismuto.

### **Extração e fracionamento químico da matéria orgânica**

Para realização da extração e fracionamento dos compostos orgânicos do solo foram realizadas coletas nas quatro áreas estudadas. Foram recolhidas três amostras compostas nas profundidades de 0-5 cm. Para as análises foi utilizado o método proposto pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS), com adaptações propostas por BENITES et al. (2003). Este método de fracionamento da matéria orgânica baseia-se na extração da mesma com hidróxido de sódio e na dosagem das frações extraídas com dicromato de potássio. A descrição deste procedimento é apresentada a seguir:

Os ácidos fúlvicos foram extraídos com 20 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, adicionados à fração coloidal (previamente pesada contendo aproximadamente 30 mg de carbono orgânico total), com agitação manual, permanência em repouso por 24 horas e centrifugação a 5.000 g por 30 minutos. O sobrenadante foi separado em copo plástico descartável de 50 mL. Ao precipitado foi adicionado mais 20 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> sendo agitado manualmente até o desprendimento e ressuspensão do precipitado, permanecendo em repouso por 1 hora, com nova centrifugação nas condições descritas anteriormente. O sobrenadante foi recolhido junto ao previamente

reservado (extrato alcalino – pH 13,0) e o precipitado foi reservado permanecendo no tubo da centrífuga para posterior determinação da humina.

O pH do extrato alcalino foi ajustado para 1,0 ( $\pm$  0,1) pela adição de gotas de solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20% dentro do copo plástico de 50 mL, decantou por 18 horas e o precipitado foi filtrado em membrana de 0,45  $\mu$ m sob vácuo. O filtrado foi recolhido e seu volume foi aferido para 50 mL usando-se água destilada obtendo-se a fração ácidos fúlvicos.

Para obtenção dos ácidos húmicos adicionou-se NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> sobre o precipitado até a lavagem completa do filtro sendo seu volume aferido para 50 mL usando água destilada.

A determinação do teor de carbono orgânico total nas frações foi feita da seguinte maneira:

#### **- Humina**

Os precipitados reservados anteriormente nos tubos da centrifuga de 50 mL, foram transferidos sem perdas de material para tubos de digestão, utilizando o mínimo de líquido possível ( $\pm$  10 ml). Foram transferidos para estufa aquecida a 65°C até a secagem completa. Posteriormente foram adicionados 5 mL de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,1667 mol L<sup>-1</sup> e 10 mL de H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> a cada amostra e em quatro tubos vazios (brancos). Os tubos com as amostras e dois dos quatro brancos foram levados ao bloco digestor pré-aquecido a 150°C permanecendo por 30 minutos sob exaustão. O conteúdo dos tubos de digestão foram transferidos quantitativamente para frascos erlemeyer de 125 mL (amostras + dois brancos aquecidos + dois brancos sem aquecimento) onde foram adicionadas 3 gotas de indicador FERROIN e feita a titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,25 mol L<sup>-1</sup> sob agitação.

**Cálculo: X = (V<sub>baq</sub> – V<sub>am</sub>)N<sub>SFAcorr</sub> x 12/4 x 1/peso da amostra (g)**

Sendo:

X - mg C na forma de humina (mg de C<sub>humina</sub> g<sup>-1</sup> solo)

V<sub>baq</sub> - Volume (mL) de Sulfato Ferroso Amoniacal (SFA) consumido na titulação do branco aquecido

V<sub>am</sub> - Volume (mL) de SFA consumido na titulação da amostra

N<sub>SFAcorr</sub> - Normalidade do SFA corrigida pela equação:

$$N_{SFAcorr} = \frac{\text{Volume de dicromato} \times \text{Normalidade do dicromato}}{\text{Volume de SFA consumido na titulação do branco sem aquecimento}}$$

#### **- Ácidos húmicos e fúlvicos**

Uma alíquota de cinco mL de solução de ácido húmico ou fúlvico foi transferido para tubos de digestão, utilizando uma pipeta automática. Foi adicionado um mL de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> mol L<sup>-1</sup> e 5mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado a cada amostra e em quatro tubos contendo 5 mL de H<sub>2</sub>O destilada (brancos). Os tubos com as amostras e dois dos quatro brancos foram levados ao bloco digestor pré-aquecido a 150 °C permanecendo por 30 minutos, dentro da capela. O conteúdo dos tubos de digestão foram transferidos quantitativamente para frascos erlemeyer de 125 mL (amostras + dois brancos aquecidos + dois brancos sem aquecimento), onde foram adicionadas três gotas de indicador FERROIN e titulado com sulfato ferroso amoniacal 0,0125 mol L<sup>-1</sup> sob agitação.

**Cálculo:  $X = (V_{\text{baq}} - V_{\text{am}})N_{\text{SFACorr}} \times 12/4 \times 50/\text{alíquota (mL)} \times 1/\text{peso da amostra (g)}$**

Sendo:

X - mg C na forma de ácido húmico (ou ácido fúlvico) por grama de solo

$V_{\text{baq}}$  - Volume (mL) de SFA consumido na titulação do branco aquecido

$V_{\text{am}}$  - Volume (mL) de SFA consumido na titulação da amostra

$N_{\text{SFACorr}}$  - Normalidade do SFA corrigida pela equação:

$$N_{\text{SFACorr}} = \frac{\text{Volume de dicromato} \times \text{Normalidade do dicromato}}{\text{Volume de SFA consumido na titulação do branco sem aquecimento}}$$

### 3.2.3 Análises físicas

#### Composição granulométrica da terra fina

As amostras de terra foram dispersas com NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> e agitadas, em baixa rotação, por 16 horas, conforme modificação proposta por REZENDE (1979). O teor de argila total foi determinado na suspensão, pelo método da pipeta (DAY, 1965). As frações areia grossa e areia fina foram separadas por tamisação, em peneiras de malhas 0,2 e 0,053 mm, respectivamente. O silte foi obtido por diferença.

#### Argila dispersa em água (argila natural)

O método é semelhante ao da argila total, utilizando-se água destilada como dispersante.

#### Densidade do solo (Ds)

A amostragem para determinação da Ds foi feita pela introdução no solo de um anel de Kopecky com volume conhecido. Foi calculada pela seguinte fórmula:

$Ds = \text{densidade do solo (Mg/m}^3) = Ms / Vs$

onde Ms (massa do solo) está em Mg, e Vs (volume do solo) está em m<sup>3</sup>.

#### Densidade das partículas (Dp)

A densidade das partículas (Dp), expressa em Mg/m<sup>3</sup>, foi determinada pelo método do balão volumétrico. A massa é determinada após secagem do material em estufa à temperatura de 105- 110°C, durante 24 horas. Foi calculada pela seguinte fórmula:

$Dp = \text{densidade das partículas (Mg/m}^3) = Mp / Vp$

onde Mp (massa de partículas) está em Mg, e Vp (volume de partículas) está em m<sup>3</sup>.

#### Volume total de poros (VTP)

O volume total de poros (VTP) foi calculado usando-se os volumes da densidade do solo (Ds) e densidade das partículas (Dp), através da equação proposta por VOMOCIL (1965):  $VTP(\%) = (1 - Ds/Dp) \times 100$ .

### 3.3 Avaliação da Ocorrência de Fungos Micorrízicos Arbusculares

#### 3.3.1 Amostragens

Para avaliar a ocorrência de FMAs, foram coletadas cinco amostras de solo na profundidade de 0-5 cm em cada uma das quatro áreas estudadas. As amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas e armazenadas a 10°C até o seu processamento em laboratório.

### **3.3.2 Extração dos esporos e preparo das lâminas**

De cada amostra retiraram-se 50 cm<sup>3</sup> de terra, previamente seca à sombra onde foram feitas as extrações dos esporos dos FMAs seguindo a técnica de peneiramento úmido (GERDEMANN & NICOLSON, 1963), utilizando peneiras com malhas de 38 µm, seguida por centrifugação em água e posteriormente em sacarose. Após a contagem, os esporos foram transferidos para uma placa de Petri e uma quarta parte do total dos esporos foi separado aleatoriamente. Estes foram agrupados pelas características de tamanho, cor e forma, e colocados em lâminas com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG) sob uma lamínula. Na mesma lâmina um segundo grupo de esporos foi montado com reagente de Melzer e quebrados delicadamente, sob uma lamínula, para exposição das paredes internas. Os resultados da reação de cor ao reagente de Melzer foram utilizados para caracterizar as paredes dos esporos, melhorando, em alguns casos, a visibilidade, especialmente daqueles esporos com paredes aderentes ou muito finas.

### **3.3.3 Identificação das espécies de FMAs**

A identificação das espécies de FMA das amostras coletadas em campo foi feita segundo SCHENCK & PEREZ (1988) e segundo trabalhos de descrição das espécies identificadas após esta data e consultando a *home page* da coleção internacional de FMA <http://invan.caf.wvu.edu/>. As observações foram feitas em microscópio ótico com iluminação de campo-claro e objetiva de imersão. Os esporos foram identificados de acordo com a análise morfológica clássica. Os caracteres taxonômicos incluíram número e tipo de camadas das paredes dos esporos e sua reação ao reagente de Melzer; características das paredes internas, quando presentes; morfologia da hifa de sustentação do esporo; e variação da cor e tamanho dos esporos.

## **3.4 Avaliação da Comunidade de Fauna do Solo**

### **3.4.1 Amostragem**

Para avaliação da comunidade de fauna do solo foram realizadas amostragens aleatórias em cada um dos plantios descritos anteriormente.

No campo foi utilizada uma sonda quadrada metálica de 25 cm de lado (Figura 11), que delimitou a área amostrada. Cada amostra foi decomposta em sub-amostras de serrapilheira e de solo superficial (0 - 5 cm). Esta separação só não foi realizada na área de plantio de mandioca devido à inexistência de serrapilheira.

Em cada uma das áreas foram retiradas 10 amostras. Foram feitas duas coletas, realizadas em Julho de 2003 e Março de 2004.



**Figura 12.** Visão superior do coletor metálico de amostras para análise da fauna do solo.

### **3.4.2 Tratamento das amostras**

#### **Extração da fauna**

Para separação da fauna do solo as amostras foram acondicionadas em uma bateria de extratores do tipo Berlese-Tüllgren (GARAY, 1989), ligeiramente modificados (Figura 12).

O funcionamento destes extratores baseia-se na resposta da comunidade de organismos do solo a uma fonte de luz e calor disposta acima destes, que leva à formação de um gradiente de temperatura e umidade nas amostras e conseqüentemente à migração vertical dos organismos. Com isso, estes organismos terminam por cair em um frasco coletor, que contém um líquido fixador, situado abaixo de cada extrator.

Os extratores foram instalados em laboratório no Departamento de Solos na UFRRJ. Cada extrator formado por um cilindro de 25 cm de diâmetro que repousam sobre um funil. Para vedar a parte superior dos cilindros, foi utilizado um pedaço de tecido de 50 x 50 cm amarrado com cordas.

Dentro de cada extrator foram dispostas malhas: a primeira de metal com 2 cm de abertura e sobre esta um tecido com malha de 2 mm de abertura. A malha metálica atuou como suporte, enquanto que a de menor tamanho de malha seleciona os organismos. Para permitir a passagem de organismos da macrofauna, foram feitos na malha mais fina três orifícios com 2 cm de lado. A parte inferior do funil une-se a um cilindro plástico de cerca de 15 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro interno, que conduz os organismos diretamente para o interior dos vidros coletores. Para vedar os vidros coletores, impedindo a entrada de organismos que não se encontram nas amostras, foi colocado papel laminado preso com durex.



**Figura 13.** Visão geral de uma bateria de extratores do tipo Berlese-Tullgren.

O material amostrado foi acondicionado aos extratores, no dia seguinte à coleta, sobre as duas malhas e foram devidamente vedados. Na base de cada extrator foram colocados vidros numerados com metade de seu volume preenchido com a solução fixadora, no caso, uma solução saturada de ácido acetilsalicílico. As fontes geradoras de luz e calor utilizadas foram lâmpadas incandescentes de 40 watts que permaneceram acesas ininterruptamente por 15 dias.

Após o período de extração, os vidros que continham a solução saturada de ácido acetilsalicílico foram recolhidos, seu volume foi completado com álcool etílico para fixar os organismos até a triagem.

No laboratório as amostras foram triadas com auxílio de lupa binocular e os organismos separados em grandes grupos taxonômicos. Após a triagem e a quantificação do número total de indivíduos foram, calculadas as médias ( $\bar{X}$ ), e os erros-padrão ( $S/\sqrt{n}$ ), e estimados os números de indivíduos por  $m^2$  para as quatro áreas, nas duas épocas. Foi avaliada também a distribuição vertical dos organismos entre a serrapilheira e o solo.

### 3.5 Análise Estatística

Para o estudo das alterações de propriedades edáficas foram feitas análises estatísticas dos dados considerando o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (floresta secundária, capoeira, plantio de banana e de mandioca) e três repetições.

Para os resultados das propriedades químicas e físicas do solo, para cada profundidade (0 a 5 e 5 a 10 cm) foi feita avaliação da homogeneidade das variâncias dos erros pelo Teste de Cochran. Posteriormente os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste Scott Knott a 5 % de probabilidade. Estes testes também foram utilizados para avaliar o número médio de esporos e de espécies de FMAs. Foi calculada também para as espécies de FMAs a frequência relativa.

Para fauna do solo foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis para avaliações da densidade de organismos por  $m^2$  e teste de Qui-Quadrado ( $X^2$ ) para

distribuição vertical de organismos entre o solo e a serrapilheira. Foram feitas também análises de agrupamento pelo método Ward's para densidade de indivíduos por m<sup>2</sup>, análise de correspondência para grupos taxonômicos e teste Scott Knott a 5% para número médio de grupos taxonômicos.

Estes testes e análises foram realizados com o auxílio dos programas estatísticos SAEG-5.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – Universidade Federal de Viçosa) e ESTAT – 1.0 (Sistema para Análise Estatística – Universidade Estadual Paulista, FCAV, Campos de Jaboticabal) e o programa CANOCO versão 4.5. Foram utilizadas também análises descritivas para comparação simples de alguns resultados apresentados em tabelas, quadros e gráficos.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Avaliação das Características Químicas do Solo

Considerando que o teor de carbono orgânico (C orgânico) é um dos principais indicadores da qualidade/degradação do solo, observou-se que para as áreas de floresta secundária e banana, tanto para profundidade de 0-5 cm quanto para a de 5-10 cm, os maiores teores de C orgânico no solo, quando comparados com a área de plantio de mandioca (Tabela 2). Tal fato pode ser explicado pelo menor grau de antropização e maior aporte de matéria orgânica bruta nas áreas de floresta e plantio de banana. Na área de plantio de mandioca os menores valores são decorrentes da baixa adição de resíduos culturais (Figura 13). BORGES & KIEHL (1996) avaliando a alteração do conteúdo de matéria orgânica em um Latossolo Amarelo Álico de Cruz das Almas (BA) pelo cultivo com frutíferas perenes e mandioca observaram que o cultivo de mandioca não proporcionou ganhos de matéria orgânica suficientes para compensar as perdas.

**Tabela 2.** Valores médios de carbono orgânico em função da cobertura vegetal na profundidade de 0-5 e 5-10 cm no inverno (I) e no verão (V).

Áreas	C orgânico (gkg <sup>-1</sup> )			
	I		V	
	0-5 (cm)		5-10 (cm)	
<b>Floresta</b>	32,28 <b>Aa</b>	35,32 <b>Aa</b>	26,28 <b>Ba</b>	33,08 <b>Aa</b>
<b>Capoeira</b>	30,87 <b>Aa</b>	27,04 <b>Bc</b>	22,48 <b>Ab</b>	25,32 <b>Ab</b>
<b>Banana</b>	34,59 <b>Aa</b>	32,08 <b>Ab</b>	25,68 <b>Ba</b>	30,32 <b>Aa</b>
<b>Mandioca</b>	26,25 <b>Ab</b>	26,28 <b>Ac</b>	20,21 <b>Ab</b>	23,88 <b>Ab</b>

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.

SWIFT & WOOMER (1993) relatam que em solos tropicais, quando áreas de florestas são convertidas em áreas agrícolas ou de pastagens, ocorre rapidamente um declínio do conteúdo de matéria orgânica. De acordo com STEVENSON (1982), a diminuição do teor de matéria orgânica no solo sob cultivo não se deve unicamente à redução da quantidade de resíduos adicionados, mas também ao aumento da atividade microbiana, causada por melhores condições de aeração. Em avaliações feitas por MARCHIORI JUNIOR & MELO (1999) em áreas de pastagem por 25 anos e em cultura do algodoeiro por 10 anos foi observada uma redução de 18 e 34%, respectivamente, do teor de C orgânico, em relação à floresta natural.



**Figura 14.** Visão parcial dos resíduos orgânicos adicionados ao solo nas quatro áreas estudadas.

Para a área de plantio de banana, este decréscimo não foi verificado. RAIMUNDO (2001), avaliando as propriedades químicas de um Cambissolo Distrófico em uma área de cultivo de banana entremeada à floresta comparada à floresta secundária em Ubatuba (SP), também não verificou diferenças significativas nos teores de matéria orgânica entre estas duas áreas. Uma possível explicação para a similaridade, quanto ao teor de carbono orgânico, desta área em relação à área de floresta, pode ser decorrente tanto do seu sistema radicular fasciculado que se concentra nas camadas mais superficiais do solo, quanto do manejo conduzido pelos agricultores na área de plantio de banana. O manejo adotado, segundo entrevistas com as lideranças locais, consiste na manutenção de algumas espécies do estrato herbáceo da floresta, juntamente com algumas outras de maior valor econômico ou que são proibidas de corte, como o palmito Jussara (*Euterpes edulis*), que protegem o solo e aumentam o aporte de matéria orgânica. Além disso, após a colheita do cacho de banana, o pseudo-caule da bananeira é cortado, permanecendo no local, participando, assim, do fornecimento de matéria orgânica ao solo (RAIMUNDO, 2001).

#### **Fracionamento químico da matéria orgânica**

Quanto às substâncias húmicas, entre as áreas, nas duas estações (Tabelas 3), foram verificadas diferenças significativas para os ácidos fúlvicos (AF) e ácidos

húmicos (AH) no inverno e no verão, e para humina apenas no verão. Os maiores valores de AF foram observados nas áreas de floresta e capoeira e os menores valores na área de banana e mandioca apresentando diferença estatística (Tabela 3). LEITE et al. (2003) também observaram menores estoques de AF em áreas agrícolas em relação à floresta, avaliando estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo Vermelho-Amarelo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. A diminuição dos estoques das frações AF, decorrente da mudança da vegetação natural para agricultura, também foi observada por FERREIRA (1997) trabalhando com as interações entre a fração mineral e a fração orgânica em solos da região de Bauru-SP e LONGO & ESPÍNDOLA (2000) estudando C-orgânico, N total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens em áreas de Cerrado e Floresta Amazônica.

MENDONZA et al. (2000) estudando os efeitos dos diferentes sistemas de colheita dos canaviais (com e sem queima da palhada) nas propriedades químicas e biológicas de solos dos Tabuleiros Costeiros, Linhares (ES), verificaram que o retorno da palhada ao solo promoveu maiores teores da fração ácidos fúlvicos, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm e ácidos fúlvicos livres, em relação ao sistema com queima.

Em relação aos AH, a área de plantio de mandioca foi a que apresentou menor valor diferindo estatisticamente das demais áreas (Tabela 3). Os menores valores de AF e AH nesta área podem ser decorrentes da rápida transformação da matéria orgânica, devido ao manejo a que é submetida. A fração humina (HUM) só diferiu estatisticamente entre as áreas no verão, onde as áreas de banana e mandioca apresentaram os menores valores (Tabelas 3).

**Tabela 3.** Substâncias húmicas<sup>1</sup> na camada de 0-5 cm nas quatro áreas estudadas no inverno (I) e no verão (V).

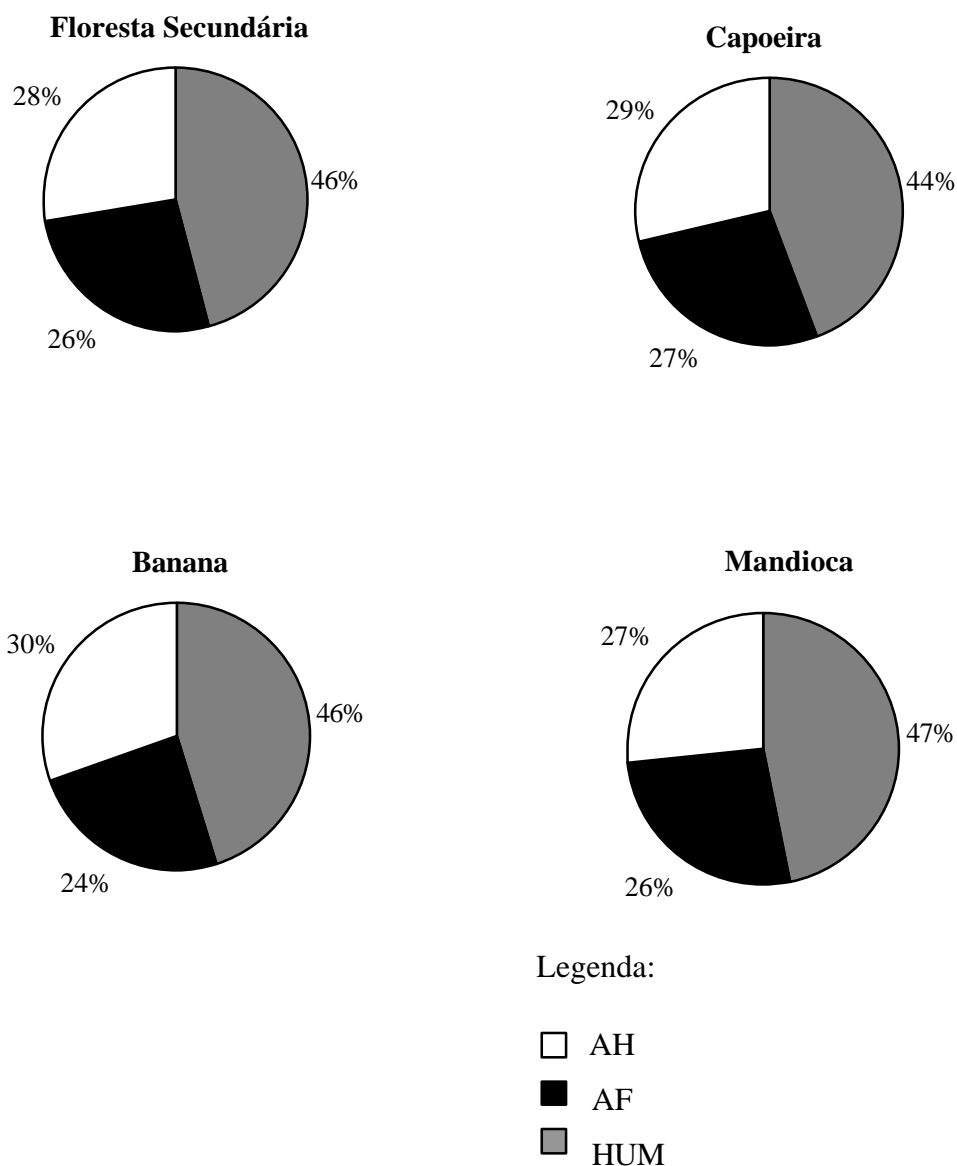
Áreas	Ácidos Fúlvicos		Ácidos Húmicos		Humina	
	-----g/100g-----					
	I	V	I	V	I	V
<b>Floresta</b>	0,60 <b>Ba</b>	0,81 <b>Aa</b>	0,45 <b>Aa</b>	0,54 <b>Aa</b>	1,14 <b>Aa</b>	1,27 <b>Aa</b>
<b>Capoeira</b>	0,63 <b>Ba</b>	0,75 <b>Aa</b>	0,46 <b>Aa</b>	0,54 <b>Aa</b>	1,06 <b>Ba</b>	1,30 <b>Aa</b>
<b>Banana</b>	0,55 <b>Bb</b>	0,63 <b>Ab</b>	0,48 <b>Aa</b>	0,53 <b>Aa</b>	1,04 <b>Aa</b>	1,08 <b>Ab</b>
<b>Mandioca</b>	0,54 <b>Ab</b>	0,58 <b>Ab</b>	0,35 <b>Ab</b>	0,35 <b>Ab</b>	0,91 <b>Ba</b>	1,15 <b>Ab</b>

<sup>1</sup>Ácidos Fúlvicos, Ácidos Húmicos e Humina. \*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.

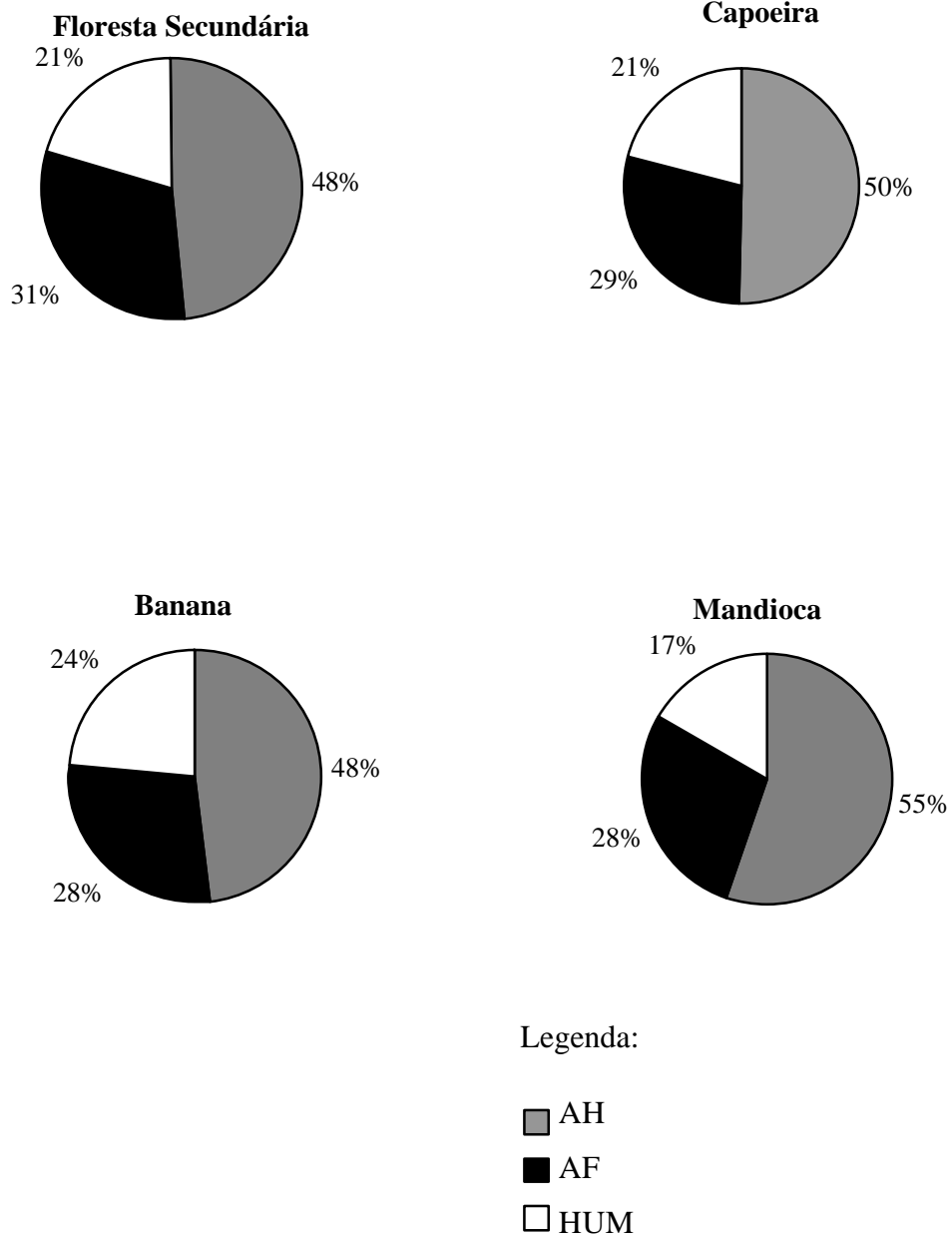
Em relação à sazonalidade, a área de plantio de mandioca apresenta menor quantidade de HUM no inverno, sendo diferente estatisticamente do verão. Já a área de plantio de banana apresentou o mesmo comportamento que a área de floresta, apresentando diferença significativa apenas para a fração AF, onde os maiores valores foram obtidos no verão. A área de capoeira obteve tanto AF quanto a HUM maiores no verão (Tabela 3).

Nas Figuras 14 e 15 são apresentadas as distribuições das substâncias húmicas (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina), nas áreas estudadas nas duas estações. Em todas as coberturas vegetais e em ambas as épocas, a HUM constituiu a fração presente em maior quantidade quando comparada às frações AF e AH. Estes dados também foram observados por BORGES & KIEHL (1996) que avaliou a alteração da matéria orgânica de um Latossolo Amarelo Álico de Cruz das Almas (BA) pelo cultivo com

frutíferas perenes e mandioca. Segundo DUCHAUFOR (1970), FELBECK JUNIOR (1965); LONGO & ESPÍNDOLA (2000) e STEVENSON (1982) o maior acúmulo desta fração no solo pode estar relacionada à ligação estável que existe entre esse componente e a parte mineral do solo, como também a maior resistência à decomposição.



**Figura 15.-** Distribuição das substâncias húmicas nas quatro áreas estudadas no inverno. Legenda: AH (Ácido húmico); AF (Ácido fúlvico); HUM (Humina).



**Figura 16.-** Distribuição das substâncias húmicas nas quatro áreas estudadas no verão.  
 Legenda: AH (Ácido húmico); AF (Ácido fúlvico); HUM (Humina).

Nas Tabelas 4 e 5, são apresentadas as demais propriedades químicas analisadas. Quanto ao pH, observaram-se os valores mais baixos na área de floresta para as duas profundidades estudadas, tanto no inverno quanto no verão, não apresentando diferença significativa entre as áreas no inverno na profundidade de 5-10cm. A presença de pH mais ácido nesta área pode ser decorrente da adição freqüente de matéria orgânica bruta, devido à capacidade que os grupos funcionais da matéria orgânica apresentam em liberar ou receber íons  $H^+$  (MEURER, 2000) e também, dos processos de decomposição e de mineralização levando a produção de substâncias orgânicas de caráter ácido, reduzindo assim o pH do solo, principalmente nas camadas mais superficiais (FIALHO et al., 1991).

Este comportamento pode estar relacionado também à concentração de alumínio, onde se observa uma concentração mais elevada deste elemento nesta área. Já a área de banana apresentou os maiores valores de pH e ao contrário da área de floresta, os menores valores de alumínio.

Em relação ao alumínio (Al), os menores valores, para as duas profundidades, encontram-se na área de plantio de banana, diferindo estatisticamente das áreas de floresta, capoeira e mandioca em ambas as profundidades, no inverno (Tabelas 4 e 5). No verão, continua apresentando os menores teores deste elemento, embora não seja diferente estatisticamente da área de capoeira e mandioca na profundidade de 0-5 cm (Tabela 4). A baixa concentração de Al na área de banana pode ser resultante do aumento dos valores de pH, reduzindo a solubilidade do Al. Também não se descarta a provável reação de complexação do Al com compostos orgânicos, depositados em grandes quantidades no solo como pode ser visto na tabela 2 que mostra os valores médios de carbono orgânico depositados nesta área.

MENDONÇA & ROWEL (1994) estudando o efeito do cultivo do solo sobre a dinâmica dos compostos orgânicos e suas interações com o Al, por meio das relações entre diferentes frações de Al e matéria orgânica, observaram haver uma forte atuação da matéria orgânica na complexação e ou disponibilização de formas de Al na solução do solo. A complexação do Al pela MO foi demonstrada por ALCÂNTARA (1997) e FRANCHINI et al. (1999) que encontraram acima de 90% do Al total de um solo ácido na forma orgânica, após a aplicação de resíduos vegetais.

Em ambas as profundidades, as áreas de capoeira, banana e mandioca apresentaram menores concentrações de Al no verão em relação ao inverno (Tabelas 4 e 5), embora na profundidade de 0-5 cm a área de plantio de banana não tenha apresentado diferença estatística em relação às estações (Tabela 4).

Em relação aos valores de acidez potencial ( $H+Al$ ), não houve diferença estatística entre as áreas, em ambas as profundidades, no inverno. Já no verão as áreas de plantio de banana e mandioca apresentaram os menores valores, tanto na profundidade de 0-5 cm quanto na de 5-10 cm, diferindo-se estatisticamente das áreas de capoeira e floresta (Tabelas 4 e 5).

Em relação às estações, na profundidade de 0-5 cm, somente na área de floresta houve diferença significativa, onde a menor acidez potencial ocorreu no inverno (Tabela 4). Na profundidade de 5-10 cm, além da área de floresta, a de capoeira também apresentou as características citadas acima (Tabela 5).

**Tabela 4.** Propriedades químicas do solo das quatro áreas estudadas na profundidade de 0-5 cm na estação do inverno (I) e no verão (V).

Áreas	Profundidade/Propriedades/Estações									
	0-5 (cm)									
	pH		Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Na (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	
	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V
<b>Floresta</b>	4,53 <b>Ab</b>	4,47 <b>Ac</b>	0,47 <b>Ab</b>	0,65 <b>Ab</b>	0,77 <b>Bb</b>	1,62 <b>Ab</b>	0,16 <b>Ba</b>	0,24 <b>Aa</b>	0,06 <b>Aa</b>	0,07 <b>Aa</b>
<b>Capoeira</b>	4,69 <b>Aa</b>	4,76 <b>Ab</b>	0,40 <b>Bb</b>	1,55 <b>Aa</b>	1,13 <b>Bb</b>	2,07 <b>Aa</b>	0,17 <b>Aa</b>	0,23 <b>Aa</b>	0,07 <b>Aa</b>	0,07 <b>Aa</b>
<b>Banana</b>	4,77 <b>Ba</b>	5,13 <b>Aa</b>	1,00 <b>Ba</b>	2,02 <b>Aa</b>	2,33 <b>Aa</b>	2,38 <b>Aa</b>	0,18 <b>Aa</b>	0,25 <b>Aa</b>	0,05 <b>Aa</b>	0,06 <b>Aa</b>
<b>Mandioca</b>	4,83 <b>Aa</b>	4,90 <b>Ab</b>	0,33 <b>Ab</b>	0,42 <b>Ab</b>	0,93 <b>Ab</b>	1,38 <b>Ab</b>	0,23 <b>Aa</b>	0,26 <b>Aa</b>	0,05 <b>Aa</b>	0,06 <b>Aa</b>
	Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		H+Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		N (g kg <sup>-1</sup> )		P (mg kg <sup>-1</sup> )		V (%)	
<b>Floresta</b>	1,80 <b>Ba</b>	2,60 <b>Aa</b>	11,69 <b>Ba</b>	14,61 <b>Aa</b>	2,04 <b>Aa</b>	1,37 <b>Ba</b>	2,62 <b>Ba</b>	8,53 <b>Aa</b>	12,35 <b>Ab</b>	16,33 <b>Ac</b>
<b>Capoeira</b>	1,65 <b>Aa</b>	0,68 <b>Bb</b>	11,74 <b>Aa</b>	13,09 <b>Aa</b>	2,25 <b>Aa</b>	1,33 <b>Ba</b>	2,02 <b>Ba</b>	4,33 <b>Ab</b>	15,04 <b>Bb</b>	28,63 <b>Ab</b>
<b>Banana</b>	0,80 <b>Ab</b>	0,17 <b>Ab</b>	10,95 <b>Aa</b>	9,93 <b>Ab</b>	2,20 <b>Aa</b>	1,13 <b>Ba</b>	1,53 <b>Ba</b>	5,33 <b>Ab</b>	33,43 <b>Ba</b>	45,61 <b>Aa</b>
<b>Mandioca</b>	1,70 <b>Aa</b>	0,40 <b>Bb</b>	9,93 <b>Aa</b>	11,33 <b>Ab</b>	1,73 <b>Ab</b>	0,71 <b>Bb</b>	0,93 <b>Ba</b>	4,33 <b>Ab</b>	15,09 <b>Ab</b>	16,99 <b>Ac</b>

**Tabela 5.** Propriedades químicas do solo das quatro áreas estudadas na profundidade de 5-10 cm na estação do inverno (I) e no verão (V).

Áreas	Profundidade/Propriedades/Estações									
	5-10 (cm)									
	pH		Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Na (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	
	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V
<b>Floresta</b>	4,69 <b>Aa</b>	4,40 <b>Ab</b>	0,35 <b>Ab</b>	0,73 <b>Ab</b>	0,75 <b>Aa</b>	1,20 <b>Aa</b>	0,16 <b>Ba</b>	0,20 <b>Aa</b>	0,06 <b>Aa</b>	0,07 <b>Aa</b>
<b>Capoeira</b>	4,70 <b>Aa</b>	4,66 <b>Ab</b>	0,13 <b>Bb</b>	1,25 <b>Aa</b>	0,80 <b>Aa</b>	1,35 <b>Aa</b>	0,13 <b>Bb</b>	0,22 <b>Aa</b>	0,06 <b>Aa</b>	0,07 <b>Aa</b>
<b>Banana</b>	4,82 <b>Aa</b>	5,06 <b>Aa</b>	0,87 <b>Ba</b>	1,58 <b>Aa</b>	0,86 <b>Ba</b>	2,05 <b>Aa</b>	0,14 <b>Bb</b>	0,22 <b>Aa</b>	0,05 <b>Aa</b>	0,06 <b>Aa</b>
<b>Mandioca</b>	4,79 <b>Aa</b>	4,80 <b>Aa</b>	0,37 <b>Ab</b>	0,48 <b>Ab</b>	0,60 <b>Ba</b>	1,47 <b>Aa</b>	0,19 <b>Aa</b>	0,23 <b>Aa</b>	0,04 <b>Aa</b>	0,07 <b>Aa</b>
	Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		H+Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		N (g kg <sup>-1</sup> )		P (mg kg <sup>-1</sup> )		V (%)	
<b>Floresta</b>	2,28 <b>Aa</b>	1,40 <b>Ba</b>	10,54 <b>Ba</b>	13,91 <b>Aa</b>	1,73 <b>Ab</b>	1,21 <b>Ba</b>	2,08 <b>Ba</b>	7,00 <b>Aa</b>	12,65 <b>Aa</b>	15,00 <b>Ab</b>
<b>Capoeira</b>	1,75 <b>Ab</b>	0,78 <b>Bb</b>	8,14 <b>Ba</b>	12,73 <b>Aa</b>	1,93 <b>Aa</b>	1,22 <b>Ba</b>	0,71 <b>Ba</b>	4,00 <b>Ab</b>	15,73 <b>Aa</b>	21,28 <b>Ab</b>
<b>Banana</b>	1,18 <b>Ac</b>	0,20 <b>Bc</b>	9,40 <b>Aa</b>	10,43 <b>Ab</b>	1,84 <b>Aa</b>	1,07 <b>Ba</b>	1,47 <b>Ba</b>	4,33 <b>Ab</b>	20,35 <b>Ba</b>	35,96 <b>Aa</b>
<b>Mandioca</b>	1,68 <b>Ab</b>	0,67 <b>Bb</b>	9,52 <b>Aa</b>	10,65 <b>Ab</b>	1,66 <b>Ab</b>	0,71 <b>Bb</b>	1,25 <b>Ba</b>	4,67 <b>Ab</b>	12,52 <b>Aa</b>	19,72 <b>Ab</b>

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.

Quanto ao Ca, na época do inverno, houve diferença significativa da área de plantio de banana em relação às demais áreas, em ambas as profundidades, onde a área de banana apresentou maior teor deste elemento. No verão, as áreas de banana e capoeira foram diferentes significativamente das demais áreas nas duas profundidades. Houve maior incremento de Ca no verão em relação ao inverno nestas duas áreas, sendo esta diferença significativa (Tabelas 4 e 5).

Para o Mg só houve diferença estatística entre as áreas na profundidade de 0-5cm, tanto no inverno quanto no verão (Tabela 4). No inverno a área de plantio de banana diferiu das demais áreas, e no verão se igualou à área de capoeira. Somente as áreas de floresta e capoeira apresentaram diferenças entre as estações, apresentando um maior teor deste elemento no verão (Tabelas 4 e 5).

Neste contexto, foi possível observar que no solo cultivado com mandioca, os teores de Ca e Mg, apesar de diferir da capoeira, não diferiram dos observados no solo sob floresta, enquanto que a área cultivada com banana, mostrou teores superiores a área de floresta. É provável que os maiores teores de Ca e Mg na área da banana, se devam ao acúmulo desses nutrientes em superfície devido à deposição de grande quantidade de resíduos provenientes de sua parte aérea.

A análise estatística mostrou não haver diferença nos teores de fósforo (P) do solo entre as áreas estudadas, para as duas profundidades, no inverno. Já no verão, os valores mais elevados deste elemento foram encontrados na área de floresta, sendo diferente estatisticamente das demais áreas. Em relação a sazonalidade, no verão houve um incremento significativo deste elemento em todas as áreas (Tabelas 4 e 5).

Quanto ao N, os valores mais elevados foram observados na área de capoeira, banana e floresta para as duas profundidades e nas duas épocas. A área de mandioca foi a que apresentou menor incremento desse nutriente, só não sendo diferente estatisticamente da área de floresta no inverno, na profundidade de 5-10 cm (Tabela 5). Os maiores valores encontrados nas áreas de floresta, capoeira e banana podem ser consequência do maior acúmulo de material orgânico, decorrente da incorporação de tecidos vegetais. Para todas as áreas observaram-se menores teores de N no verão em relação ao inverno. Este fato pode ser devido a maior atividade da microbiota do solo nesta época, em função das condições climáticas de maiores precipitações, temperaturas mais elevadas e, desta forma, uma maior imobilização deste nutriente pela mesma.

Em relação ao potássio (K) só houve diferença significativa na profundidade de 5-10 cm no verão, onde capoeira e banana apresentando os menores valores foram diferentes significativamente das áreas de mandioca e floresta (Tabelas 4 e 5). Estes dados não estão de acordo com os de BORGES & KIEHL (1997), que encontraram valor significativamente menor em área de cultivo de mandioca quando comparado a área de cultivo de banana, manga, citros e floresta, atribuindo este comportamento a baixas quantidades deste elemento aplicados na cultura da mandioca e à alta extração pela mesma por colheita. Em relação a sazonalidade na profundidade de 0-5 cm, somente a floresta apresentou diferença estatística entre as estações apresentando menor conteúdo de K no inverno. Já na profundidade de 5-10 cm além da floresta, as áreas de banana e capoeira também apresentaram quantidades de K significativamente menor no inverno.

Para o sódio (Na) não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos tanto no que se refere às profundidades, quanto às épocas (Tabelas 4 e 5), o que era esperado pelas características de solo e paisagem.

Houve diferença significativa no valor médio de V% nas duas estações. A área de plantio de banana diferiu-se das demais áreas apresentando os maiores valores de saturação por bases. Estes dados são corroborados pelos de BORGES & KIEHL (1997)



que constatarem em um Latossolo, maiores valores de V% em glebas cultivadas com banana quando comparada com mata e mandioca apresentando diferenças estatísticas entre os tratamentos. Na profundidade de 5-10 cm no inverno, não houve diferença entre os tratamentos, sendo que o maior valor de saturação por bases continuou sendo na área de banana (21 %) e o menor na área de mandioca (12 %) (Tabela 6). Houve um aumento do valor V% no verão em relação ao inverno, para banana de 5-10 cm e capoeira e banana de 0-5cm, e este comportamento se deve ao aumento das bases nesta época, como já destacado acima (Tabelas 4 e 5).

## 4.2 Avaliação das Propriedades Físicas do Solo

Os resultados da análise granulométrica das amostras de terra das diferentes áreas são apresentados na Tabela 6. Com exceção a área de capoeira, todas as demais se apresentaram com textura franco-argiloarenosa.

Dentre as propriedades físicas, a densidade do solo (Ds) tem sido mais utilizada para avaliar alterações na porosidade do solo pela compactação, principalmente em decorrência das práticas de manejo.

**Tabela 6.** Granulometria das quatro áreas (floresta, capoeira, banana e mandioca) para as profundidades 0-5 e 5-10 cm.

Áreas	Prof. (cm)	-----gkg <sup>-1</sup> -----					CT
		Areia	Silte	Argila	AN	GF	
<b>Floresta</b>	0 - 5	490	260	250	182	37	Franco-argiloarenosa
	5 - 10	480	290	230	197	14	
<b>Capoeira</b>	0 - 5	340	310	340	245	28	Franco-argilosa
	5 - 10	310	310	380	238	37	
<b>Banana</b>	0 - 5	460	280	270	186	31	Franco-argiloarenosa
	5 - 10	450	260	290	202	30	
<b>Mandioca</b>	0 - 5	480	310	210	179	15	Franco-argiloarenosa
	5 - 10	450	310	230	208	10	

\* AN – argila natural; GF – grau de floculação; CT – classe textural

Na figura 16 pode-se observar os valores de Ds nas diferentes áreas dentro de cada estação. Os maiores valores de Ds foram encontrados na área de mandioca tanto na estação seca quanto na estação chuvosa, diferindo-se estatisticamente das demais áreas. Os maiores valores de Ds podem estar relacionados à redução do teor de matéria orgânica nesta área e com isso uma maior exposição do solo.

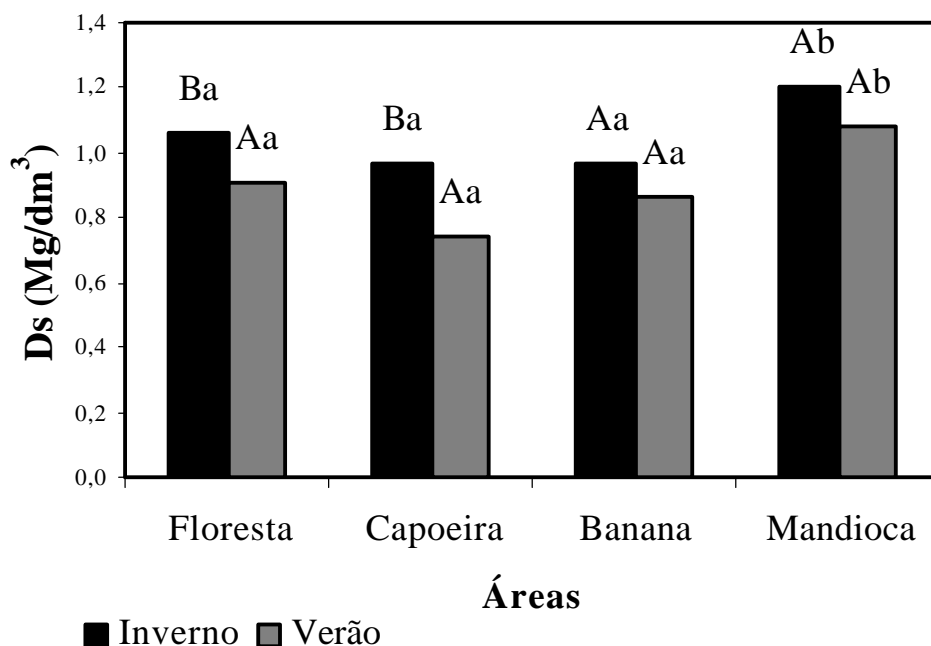
A variação da Ds, dentro da mesma classe textural generalizada, é um índice de degradação de solo que pode ser adotado para estimar os efeitos de sistemas de produção agrícola no ambiente. A elevação da Ds, pela redução no teor de MO e do volume de poros, tem implicações na produtividade da cultura ao interferir no desenvolvimento das raízes, reduzindo a absorção de nutrientes e água, e o desenvolvimento radicular (NASCIMENTO, 2001).

Os solos não cultivados, por não sofrerem ação antrópica, costumam apresentar menor densidade (SILVA, 1981; COOTE & RAMSEY, 1983; NEVES, 1991). Este comportamento pode ser observado nas áreas de floresta e capoeira. A área de plantio de banana entremeada à floresta, embora seja uma área de cultivo, apresenta valores de

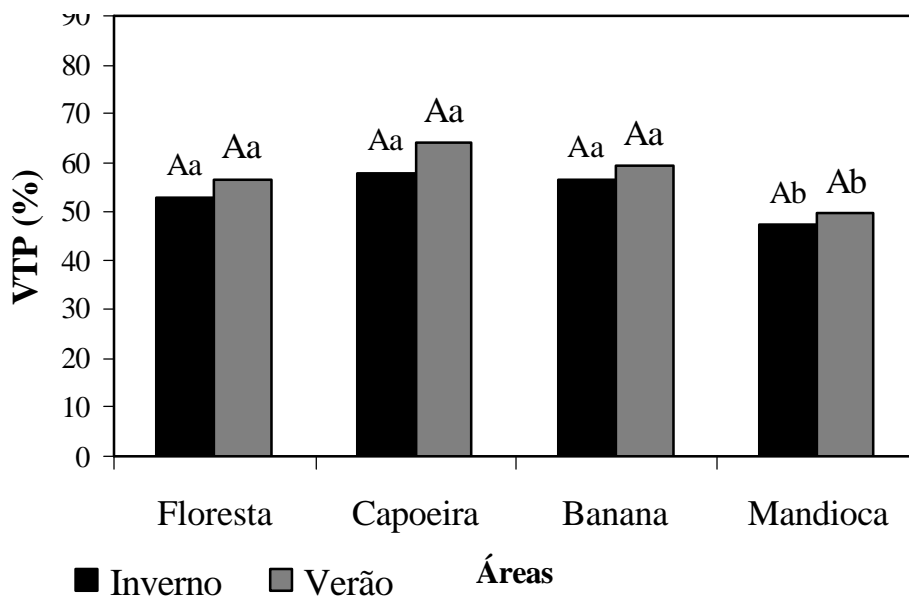
densidades próximas aos de áreas sem interferência do homem, não apresentando diferença estatística em relação às mesmas (Figura 17).

Com relação a sazonalidade, somente as áreas de floresta e capoeira apresentaram diferença estatística significativa entre as duas estações, sendo o menor valor de Ds verificado na estação chuvosa. As duas áreas de cultivo permaneceram com densidades do solo próximas não sendo constatadas diferenças significativas entre elas.

Em relação ao volume total de poros (VTP), as áreas de floresta, capoeira e banana diferiram-se estatisticamente da área de mandioca tanto no inverno quanto no verão, apresentando maior porosidade (Figura 18).



**Figura 17.** Valores médios de densidade do solo nas quatro áreas (floresta, capoeira, banana e mandioca) na profundidade de 0-5 cm no inverno e no verão. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.



**Figura 18.** Valores médios de Volume Total de Poros (%) nas quatro áreas (floresta, capoeira, banana e mandioca) na profundidade de 0-5 cm no inverno e no verão. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.

### 4.3 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)

#### 4.3.1 Número de esporos e de espécies de FMAs

A avaliação das alterações na densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares nas quatro áreas estudadas no inverno mostrou uma variação de 100 a 1022 esporos por 50 cm<sup>3</sup> de solo, sendo a maior média de 666 e a menor de 202 esporos por 50 cm<sup>3</sup> de solo (Figura 18).

A média de valores de densidade de esporos observados na área de mandioca foi 666 esporos/50cm<sup>3</sup> de solo e na área de banana 538 esporos/50 cm<sup>3</sup> de solo, sendo estes valores superiores e diferentes estatisticamente dos encontrados nas áreas de capoeira (266 esporos/50cm<sup>3</sup> de solo) e floresta secundária (202 esporos/50cm<sup>3</sup> de solo). A ocorrência de maior número de esporos na área de mandioca pode estar relacionada com a condição mais estressante deste ambiente levando os FMAs a produzirem um elevado número de propágulos, com o intuito de sobrevivência, embora a maioria dos estresses reduzam a esporulação (SYLVIA & WILLIAMS, 1992). Segundo EDATHIL et al. (1996) a menor esporulação é atribuída à competição e ao antagonismo entre os fungos na rizosfera, o que pressupõe uma maior diversidade.

Observa-se que não houve diferença significativa entre as áreas de plantio de mandioca e banana no inverno. Ambas apresentaram as maiores médias em relação às demais áreas. Já no verão, este comportamento não foi observado, onde a área de plantio de banana apresentou menor densidade de esporos em relação à mandioca se igualando estatisticamente às áreas de capoeira e floresta. Nas duas estações as áreas de floresta e capoeira permaneceram com menores densidades de esporos. A menor densidade de FMAs em ecossistema natural não perturbado comumente pode ser observada (MUNYANZIZ et al., 1997; CAPRONI, 2001).

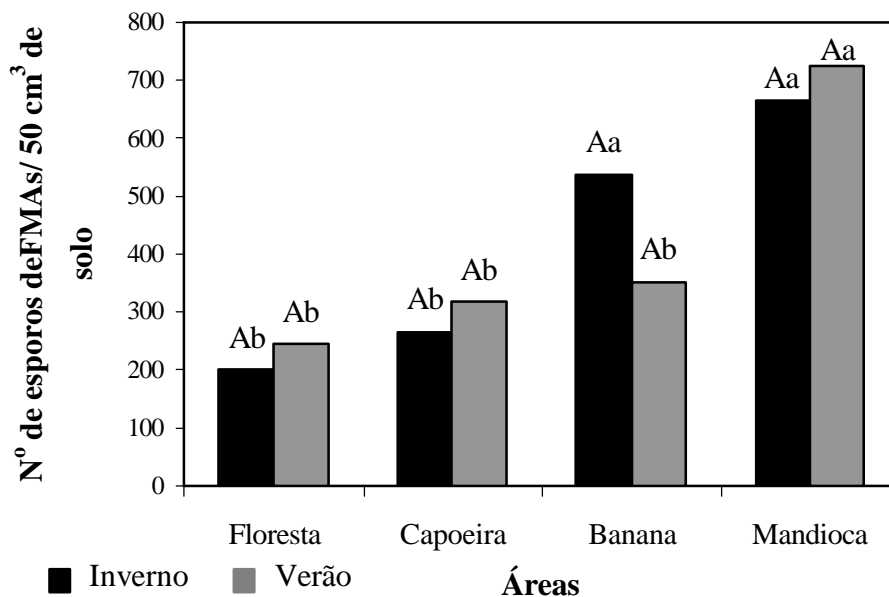
MUNYANZIZ et al. (1997) relatam que em florestas não perturbadas a densidade de esporos de FMAs é muito baixa e aumenta em função do grau de perturbação. CORDEIRO et al. (2003) verificando a densidade de esporos de FMAs em solos de Cerrado com vegetação nativa também observaram menor número de esporos em relação a agrossistemas com influência antrópica. A menor densidade de esporos na floresta e capoeira pode ser consequência da maior estabilidade do ecossistema, com

horizontes superficiais mais protegidos contra perturbações bruscas, dando garantia da sobrevivência das espécies com baixa esporulação. Pode-se considerar também uma biota micófaga eficiente ou espécies de plantas que não induzem grandes esporulações (CAPRONI, 2001).

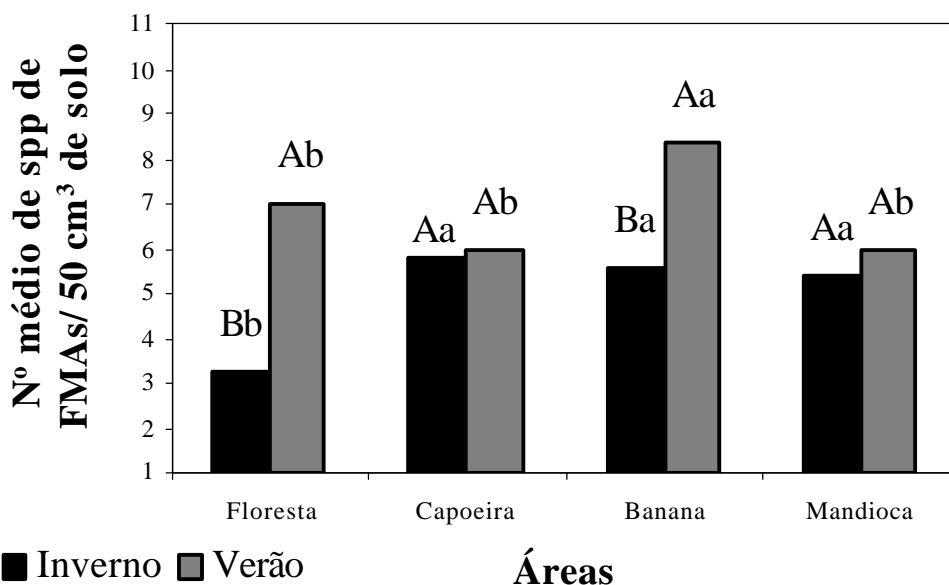
FONTANA et al. (2004) atribuem motivos diferentes para observação de menores valores de esporos em florestas secundárias e plantio de café quando comparados a pastagem natural. Para floresta secundária os autores relacionaram a menor densidade de esporos a maior competição e antagonismo dos fungos na rizosfera tal como EDATHIL et al. (1996), já em relação ao monocultivo do café, o sucessivo manejo do solo com capinas, que promovem o seu revolvimento e a exposição dos fungos micorrízicos na superfície do terreno foi o fator que influenciou a menor densidade. Contudo, MANSON et al. (1992) examinando o impacto de três métodos de raleamento florestal na abundância e distribuição dos FMAs em floresta secundária decídua úmida, em um solo altamente ácido, observaram que a perturbação do solo levou a uma considerável redução nos números de esporos de FMAs em comparação com a floresta não perturbada. Estes autores discutem que a perda de esporos pareceu estar relacionada com a severidade da perturbação, tendo ocorrido um decréscimo maior em parcelas completamente clareadas (55%) e intermediário em parcela parcialmente clareadas (27-45%), independente do método utilizado para o raleamento.

Em relação à sazonalidade, o número de esporos na média não foi significativamente diferente entre o inverno (417 esporos por 50 cm<sup>3</sup> de solo) e o verão (409 esporos por 50 cm<sup>3</sup> de solo). Todavia, embora a diferença não tenha sido significativa, na estação chuvosa (verão) as áreas de mandioca, capoeira e floresta apresentaram maiores densidades de esporos quando comparadas com a estação seca (inverno) (Figura 18). Este fato não tem sido observado na literatura, uma vez que os esporos são estruturas de resistência e a sua existência no sistema costuma ser reduzida no período de chuvas, quando outras estruturas como hifas são mais abundantes (CAPRONI, 2000). Este comportamento foi verificado na área de banana, onde os esporos foram mais abundantes na estação seca em relação à estação chuvosa. GUADARRAMA & ALVAREZ-SÁNCHEZ (1999) sugerem que a umidade favorece a germinação dos esporos, resultando em alta colonização e baixa produção de esporos.

Em relação ao número médio de espécies, no inverno as áreas de capoeira, plantio de banana e mandioca apresentaram maior riqueza de espécies quando comparadas com a floresta secundária, apresentando diferença estatística. No verão, a maior riqueza foi observada na área de banana diferindo estatisticamente das demais áreas. No que se refere a sazonalidade, todas as áreas apresentaram maior número médio de espécies no verão em relação ao inverno, contudo, somente as áreas de floresta secundária e banana apresentaram diferença significativa (Figura 19). Ao contrário do que foi observado por GUADARRAMA & ALVAREZ-SÁNCHEZ (1999) que, comparando a abundância e diversidade de FMAs em sítios com diferentes regimes de distúrbios em florestas tropicais úmidas no México, observaram que o número de espécies e esporos aumentavam na estação seca e decresciam consideravelmente na estação chuvosa. Comportamento este também relatado por JANOS et al. (1995), SINGÜENZA et al. (1996) e RAMÍREZ-GERARDO et al. (1997) em estudos feitos em solos dos trópicos úmidos em área de baixada.



**Figura 19.** Número de esporos de FMAs nas 4 áreas (Mandioca, banana, capoeira e floresta secundária) nas duas estações (inverno e verão). Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.



**Figura 20.** Número médio de espécies de FMAs nas 4 áreas (Mandioca, banana, capoeira e floresta secundária) nas duas estações (inverno e verão). Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.

A avaliação da riqueza de espécies de FMAs pela metodologia utilizada, pode estar subestimando a diversidade existente nas áreas avaliadas. A extração de esporos,

via peneiramento úmido, contagem e identificação a partir de amostras de solo coletadas diretamente do campo, pode não ter sido suficiente, já que os FMAs podem estar presentes em outras formas de propágulos infectivos como hifas e ou colonizando pedaços de raízes. CAPRONI (2001), estudando os FMAs em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas/PA observou que, a técnica de bioensaio do NMP (número mais provável) de propágulos infectivos por espécie, para avaliar comunidades de FMAs, mesmo com várias desvantagens, foi a que melhor expressou o comportamento dos FMAs nos ecossistemas avaliados. Através desta técnica esta autora notou que o número de propágulos infectivos dos FMAs estavam em quantidades muito maiores que os esporos extraídos diretamente das amostras do campo, além de detectar algumas espécies que não haviam sido observadas anteriormente.

#### 4.3.2 Composição das espécies de FMAs

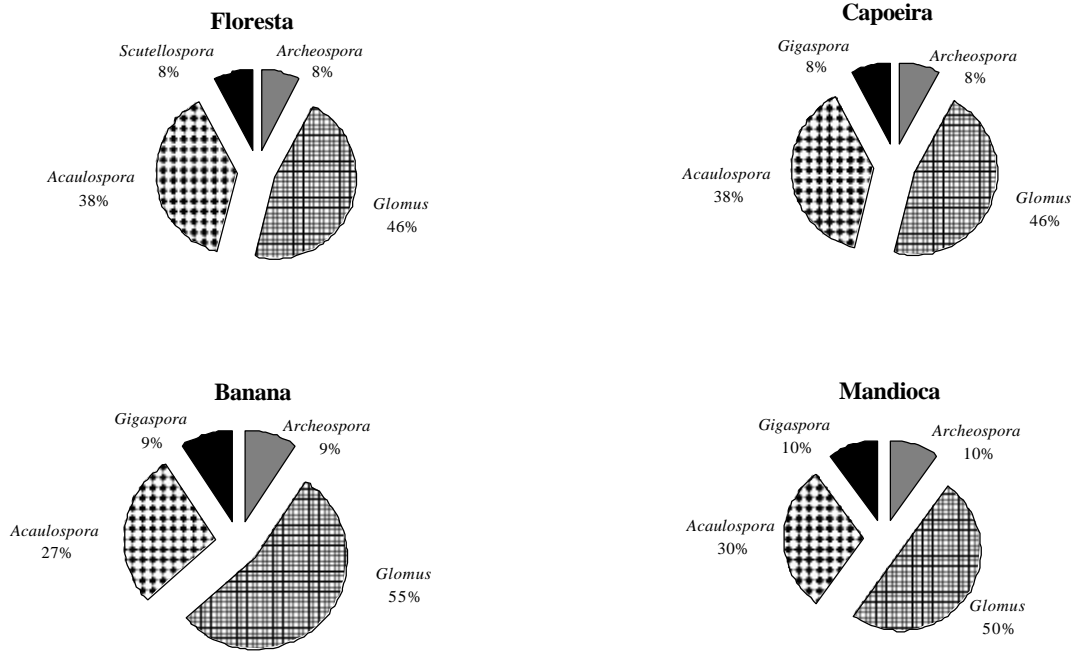
As áreas amostradas apresentaram um total de 30 espécies (Tabela 7), pertencentes a seis gêneros e quatro famílias (Glomaceae, Acaulosporaceae, Gigasporaceae e Archaeosporaceae). Deste total, 21 espécies ocorreram nas amostras de solo coletadas na época seca (inverno) e 19 espécies na época chuvosa (verão), sendo 10 espécies comuns a ambas. O maior número de espécies identificadas em todas as áreas amostradas pertenceu ao gênero *Glomus* (18 espécies), seguido pelo gênero *Acaulospora* (7 espécies), *Gigaspora* (2 espécies), *Entrophospora* (1 espécie), *Scutellospora* (1 espécie) e *Archaeospora* (1 espécie), apresentando respectivamente 61, 23, 7, 3, 3 e 3% do total de espécies encontradas em todo o levantamento.

Pode-se observar que de uma maneira geral os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* foram encontrados em todas as áreas e nas duas épocas, estando sempre com maior porcentagem de espécies em relação aos demais gêneros encontrados (Figura 20). De acordo com CARRENHO (1998), estes gêneros apresentam maior capacidade de adaptação a solos submetidos a diferentes variações nos teores de matéria orgânica, calagem, textura, entre outros fatores, demonstrando ter espécies resistentes a perturbações ambientais.

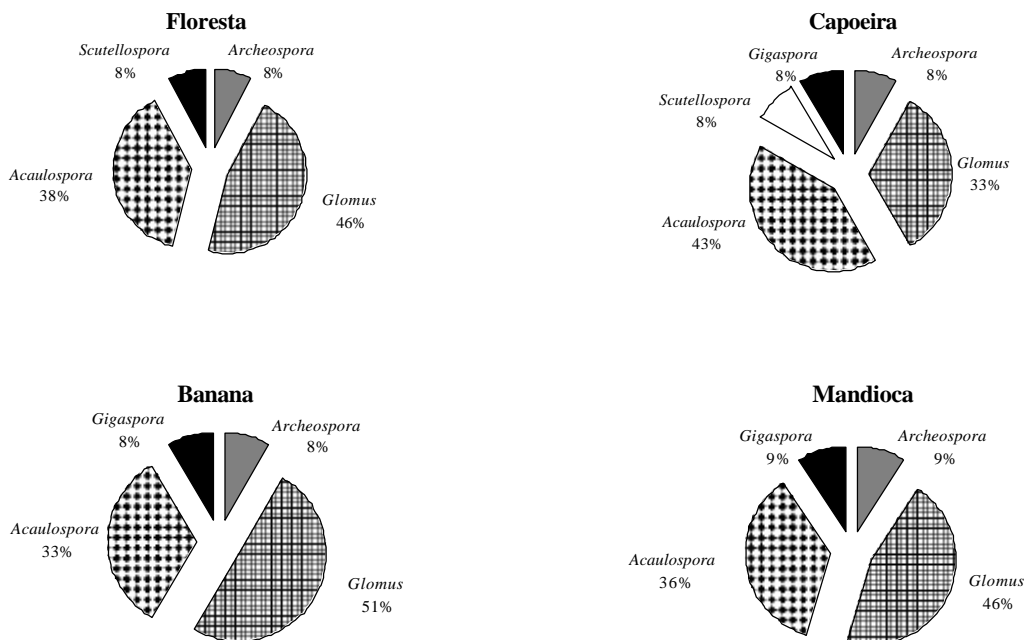
STÜRMER (1994) relata que, espécies de *Acaulospora* são mais freqüentemente encontradas em solos ácidos (pH menor que 6,2). WEBER & OLIVEIRA (1994) em estudos realizados em citros, atribuem a predominância do gênero *Acaulospora* a níveis de acidez do solo dos pomares. Da mesma forma que SIQUEIRA et al. (1989), já haviam observado este comportamento para este gênero, onde as espécies tenderam a ocorrer com maior freqüência em solos com pH menor que 6,5. TRUFEM (1990, 1995) encontrou um número de espécies variando entre 12 e 13 deste gênero em solos com valores de pH entre 3,5 a 5,8 e sugeriu que essas espécies são mais adaptadas a tais condições. Desta maneira, os níveis de pH no solo das áreas estudadas favorecem a ocorrência de *Acaulospora*.

A composição relativa de espécies por gênero pode ser observada na figura 20. No verão a distribuição para as áreas de capoeira, banana entremeada à floresta e plantio de mandioca são bastante semelhantes, apresentando os Gêneros *Glomus* e *Acaulospora* com maiores proporções e *Gigaspora* e *Archaeospora* com proporções mais baixas. A área de floresta secundária apresenta também os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* com maiores porcentagens, porém os gêneros com menores proporções são *Scutellospora* e *Archaeospora*. No verão as áreas de banana, plantio de mandioca e floresta se apresentam com proporções similares às do inverno e a área de capoeira apresenta a inclusão de mais um gênero que é o *Scutellospora* estando na classe dos de menores proporções.

A)



B)



**Figura 21.** Número de espécies por gênero em porcentagem, nas amostras de solo coletadas nos dois períodos de amostragens nas quatro áreas estudadas. A) Inverno; B) Verão.

A ocorrência das espécies de FMA não apresentou um padrão definido quanto a época seca ou chuvosa (Tabela 8). Segundo TRUFEM & BONONI (1985), os FMAs possuem padrões de ocorrência diferenciados existindo espécies que ocorrem na maioria dos hospedeiros durante todo o ano, outras que ocorrem em grande densidade no solo mas são restritas a certos hospedeiros e épocas do ano; espécies com baixa densidade populacional mas sem restrições de hospedeiros ou épocas do ano e ainda espécies com baixa densidade populacional e hospedeiros restritos, além de ocorrência restrita a algumas épocas do ano. Tais observações sugerem que a presença de cada espécie na população de FMA nativos é resultado de suas interações com o solo, clima, planta hospedeira, outros FMAs e a biota do solo em geral (COLOZZI-FILHO & BALOTA, 1994).

De uma forma geral, as espécies *Archaeospora leptoticha*, *Acaulospora tuberculata*, *Glomus macrocarpum* e *Acaulospora scrobiculata* foram as de ocorrência mais freqüente nas quatro áreas e nas duas épocas. *Acaulospora foveata* apresentou um aumento na freqüência de ocorrência no verão em relação ao inverno nas quatro áreas. As espécies *A. denticulata*, *A. Rehmii*, *G. tortuosum*, *Glomus* sp9, *Glomus* sp10, *Glomus* sp11 e *Scutellospora* sp1 apareceram apenas no verão e as espécies *A. laevis*, *G. clavisporum*, *Glomus* sp 1, *Glomus* sp 2, *Glomus* sp 4, *Glomus* sp 5, *Glomus* sp 7, *Glomus* sp 8, *Glomus* sp13, *Gigaspora* sp 2 e *Entrophospora* sp1 apenas no inverno e em baixa freqüência. As demais espécies apareceram em ambas às estações (Figura 20).



**Tabela 7.** Frequência relativa de ocorrência de espécies de FMAs encontrados nas quatro áreas estudadas no inverno (i) e no verão (v).

Espécies	Frequência Relativa* (%)							
	Floresta		Capoeira		Banana		Mandioca	
	i	v	i	v	i	v	i	v
<i>Archaeospora leptoticha</i>	40	80	60	80	80	100	80	60
<i>Acaulospora mellea</i>	60	100	20	100	60	100	100	100
<i>A. tuberculata</i>	20	20	40	-	-	20	-	-
<i>A. foveata</i>	20	100	60	80	40	100	20	80
<i>A. scrobiculata</i>	-	100	60	60	100	60	40	20
<i>A. laevis</i>	-	-	40	-	-	-	-	-
<i>A. denticulata</i>	-	20	-	20	-	40	-	-
<i>A. Rehmii</i>	-	-	-	20	-	-	-	20
<i>Glomus clavisorum</i>	-	20	-	-	-	-	-	-
<i>G. glomerulatum</i>	-	40	100	60	60	60	60	60
<i>G. macrocarpum</i>	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>G. microagregatum</i>	20	-	-	-	-	60	-	20
<i>G. tortuosum</i>	-	-	-	-	-	60	-	20
<i>Glomus</i> sp1	-	-	20	-	-	-	-	-
<i>Glomus</i> sp2	-	-	20	-	-	-	-	-
<i>Glomus</i> sp3	-	40	20	20	20	60	-	-
<i>Glomus</i> sp4	-	-	20	-	-	-	40	-
<i>Glomus</i> sp5	-	-	-	-	20	-	-	-
<i>Glomus</i> sp6	-	-	-	-	20	-	-	-
<i>Glomus</i> sp7	-	-	-	-	-	-	20	-
<i>Glomus</i> sp8	-	-	-	-	-	-	20	-
<i>Glomus</i> sp9	-	20	-	-	-	-	-	-
<i>Glomus</i> sp10	-	20	-	-	-	-	-	-
<i>Glomus</i> sp11	-	-	-	20	-	20	-	-
<i>Glomus</i> sp12	-	-	-	-	-	-	-	20
<i>Glomus</i> sp13	-	-	-	-	40	-	-	-
<i>Gigaspora</i> sp1	20	-	20	20	-	100	60	60
<i>Gigaspora</i> sp2	-	-	-	-	20	-	-	-
<i>Entrophospora</i> sp1	20	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scutellospora</i> sp1	-	40	-	20	-	-	-	-

Frequência relativa é o número de amostras em que ocorre a espécie dividido pelo número total de amostras (n=5) e multiplicado por 100.

#### 4.4 Fauna do Solo

##### 4.4.1 Composição total da comunidade da fauna do solo

Foram obtidas 35 amostras por estação, totalizando 70 amostras no período de estudo, onde foram extraídos um total de 2678 indivíduos (Tabela 8).

##### Grupos taxonômicos

A identificação dos organismos dos filos Mollusca e Annelida foi feita até a categoria classe. Os artrópodes das classes Arachnida e da classe Insecta foram identificados até ordem. Neste nível foram feitas, distinções entre larvas e adultos, no caso dos insetos holometábolos; os indivíduos pertencentes à ordem Hymenoptera foram separados em duas categorias: família Formicidae e demais Hymenoptera; e todos os indivíduos da ordem Acarina foram descartados, pois as diferenças funcionais

características dentro da ordem e uma separação taxonômica mais refinada de seu numeroso efetivo demandariam muito tempo (COSTA, 2002).

Desta forma, ao longo do período do estudo foram obtidos 23 grupos taxonômicos, sendo que com a distinção feita entre adultos e larvas chegou-se a 26 grupos (23 grupos de organismos adultos e três grupos de larvas) (Tabela 8). As larvas foram consideradas separadamente devido às diferenças notáveis entre estas e os indivíduos adultos, seja em relação aos habitats que colonizam, ou ao regime alimentar e, conseqüentemente, aos papéis que desempenham no processo de decomposição (CORREIA, 1994).

Os grupos da fauna do solo de maior destaque no total foram: Formicidae, Coleoptera, Isoptera; os grupos de Larvas de Coleoptera e Diptera; além de indivíduos adultos de Diptera e o grupo Saprófago Isopoda que é um dos principais decompositores da matéria orgânica (DINDAL, 1990). Estas populações representaram cerca de 85% dos efetivos totais de organismos encontrados. O efetivo restante de apenas 15% é formado por mais 19 grupos com menores densidades. O grupo Formicidae (49,9 %) foi o que apresentou maior porcentagem do total de indivíduos coletados (Tabela 9), este comportamento também foi observado por COSTA (2002) em estudos com leguminosas arbóreas e TOLEDO (2003) com floresta secundária.

Outros grupos de organismos Saprófagos tais como Thysanoptera, Symphyla, Diplopoda, Blattodea, Orthoptera e aqueles que aparentemente não apresentam associação funcional com o subsistema decompositor bem como, Diptera, Homoptera, Heteroptera, Trichoptera, Lepidoptera, também estiveram presentes, alguns apenas com presença pontuada e outros mais numerosos (Tabela 8).

### **Grupos Funcionais**

A partir de características relacionadas ao uso do *habitat* e à principal forma de utilização do recurso alimentar, os grupos taxonômicos foram agrupados em 9 grupos funcionais (COSTA, 2002).

**Tabela 8.** Número e porcentagem de indivíduos coletados no total (somatório das quatro áreas e das duas estações) por grupo taxonômico.

<b>GRUPOS</b>	<b>Nº DE INDIVÍDUOS COLETADOS</b>	<b>% DO TOTAL</b>
Formicidae	1337	49,93
Coleoptera	312	11,65
Isoptera	199	7,43
Larvas de Coleoptera	182	6,80
Larvas de Diptera	109	4,07
Diptera	74	2,76
Isopoda	66	2,46
Hymenoptera	62	2,32
Homoptera	50	1,87
Thysanoptera	47	1,75
Collembola	43	1,61
Aranae	38	1,42
Symphyla	29	1,08
Diplopoda	25	0,93
Heteroptera	24	0,90
Larvas de Lepidoptera	21	0,78
Pseudoscorpionida	18	0,67
Chilopoda	13	0,49
Opilionida	10	0,37
Blattodea	6	0,22
Neuroptera	4	0,15
Trichoptera	3	0,11
Orthoptera	3	0,11
Lepidoptera	1	0,04
Dermaptera	1	0,04
Protura	1	0,04
<b>TOTAL</b>	<b>2678</b>	

**Tabela 9.** Número e porcentagem de indivíduos coletados para os diferentes grupos funcionais.

<b>Grupos Funcionais</b>	<b>Nº de Indivíduos Coletados</b>	<b>% do Total</b>
<b>Sociais:</b> Formicidae.	1337	49,0
<b>Holometábolos:</b> Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera e Diptera.	390	14,6
<b>Larvas:</b> de Coleoptera, Lepidoptera e Diptera	312	11,6
<b>Sociais:</b> Isoptera	199	7,4
<b>Saprófagos:</b> Isopoda, Diplopoda, Symphyla, Thysanoptera, Orthoptera, Blattodea, Protura.	176	6,5
<b>Predadores:</b> Pseudoscorpionida, Aranae, Opilionida, Chilopoda e Dermaptera.	113	4,2
<b>Fitófagos:</b> Heteroptera e Homoptera.	74	2,8
<b>Parasitóides:</b> Hymenoptera exceto Formicidae.	62	2,3
<b>Micrófagos:</b> Collembola	43	1,6

Os insetos sociais, Formicidae e Isoptera representam cerca de 56% do total de indivíduos coletados (Tabela 9). Embora, os dados mostrem a relevância deste grupo funcional para a comunidade da fauna do solo, o hábito social e a repartição do trabalho entre classes os tornam apenas indicativo de sua atividade (COSTA, 2002).

As larvas de Diptera, Coleoptera e Lepidoptera representam 11,6% da comunidade da fauna edáfica. As larvas de Diptera e Coleoptera são dominantes com 93,6% do efetivo larvar, contribuindo os Coleoptera com 62,52% e os Diptera com 37,47%. As larvas de Lepidoptera com 0,78% do total apresentam-se então com baixa densidade e ocorrência irregular (Tabela 9).

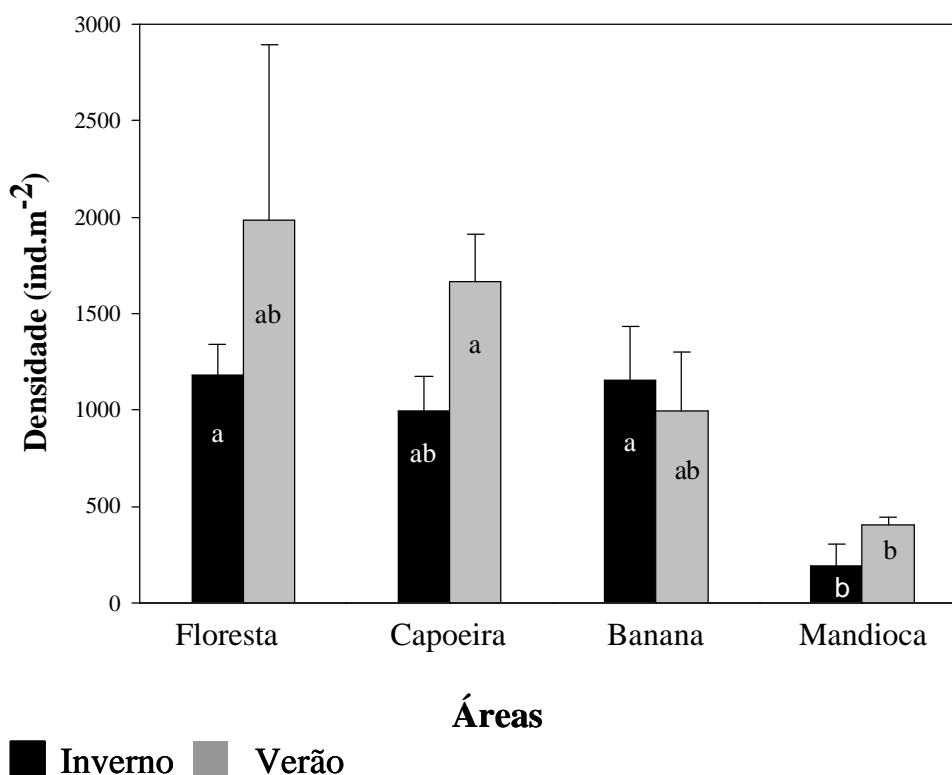
Os Saprófagos e Fitófagos mostraram-se como as principais formas de utilização dos recursos alimentares com 6,5 e 2,8 % respectivamente (Tabela 9), embora estes valores percentuais para Saprófagos sejam considerados muito baixos quando comparados com os dados de COSTA (2002) e os valores de Fitófagos quando comparados com os de TOLEDO (2003) que encontraram 24% e 18%, respectivamente.

#### **4.4.2 Variações das densidades**

A análise de variância não paramétrica denominada Teste de Kruskal – Wallis para os valores médios de densidade da fauna do solo, identificou diferença significativa entre a área de plantio de mandioca e as áreas de floresta secundária e plantio de banana entremeadada à floresta no inverno. A área de mandioca apresentou-se com densidade de indivíduos por m<sup>2</sup> inferior a estas áreas (Figura 21). A área de capoeira embora não tenha apresentado diferença significativa em relação à área de plantio de mandioca apresentou densidade superior à mesma. No verão, embora a análise estatística não tenha identificado diferença entre as áreas de floresta e banana em relação à área de mandioca, as mesmas apresentaram resultados superiores. O fato de não ter ocorrido diferença significativa pode estar relacionado a heterogeneidade de microhabitats existentes nas áreas o que faz com que ocorra um aumento na variância das mesmas.

Os resultados demonstraram que a comunidade de invertebrados do solo responde claramente ao tipo de manejo adotado, ou seja, a diferença na densidade da fauna edáfica entre os plantios de mandioca e área de bananal entremeadado à floresta sugere que o tipo de manejo utilizado nestas áreas está influenciando de forma diferente à presença destes organismos. O cultivo de mandioca está sendo realizado mantendo-se, o solo descoberto, e não há uma grande deposição de material orgânico ao longo ou mesmo ao final do ciclo da cultura (Figura 13), sendo este possivelmente um dos fatores que mais está contribuindo para redução na quantidade de organismos nesta área. Ao contrário da área de plantio de banana, que é cultivada com a manutenção de uma cobertura permanente, estando consorciada com espécies nativas, que certamente contribuem com o aporte de material formador de serrapilheira. Além de a própria cultura contribuir com o incremento de matéria orgânica no solo, já que segundo RAIMUNDO (2001), após a colheita da banana, o pseudo-caule da bananeira é cortado, permanecendo no local, sendo esta prática realizada na área.

O tipo de manejo adotado na área de plantio de banana parece estar conduzindo a um comportamento similar ao verificado nas áreas de floresta secundária e capoeira. Quando se comparam estas áreas com a de plantio de mandioca, pode-se concluir que, esta área parece ser a que vem tendo as maiores alterações no tocante a biota do solo.



**Figura 22.** Densidade total da fauna do solo expressa em indivíduos por m<sup>2</sup> e seu respectivo Erro Padrão (S/vn) nas quatro áreas (floresta secundária, capoeira, banana e mandioca) estudadas no inverno e no verão.

Quanto a variações sazonais, em geral a atividade da fauna do solo aumentou do inverno (estação seca) para o verão (estação chuvosa) (Figura 21). Este comportamento pode estar relacionado ao teor de umidade presente nestas áreas nesta época. Segundo BANDEIRA & HARADA (1998) em ecossistemas tropicais, onde as estações chuvosas e secas são bem definidas, a fauna edáfica normalmente migra da superfície orgânica do solo, quando este apresenta deficiência de umidade, para a camada mineral mais profunda, retornando para superfície, quando a umidade é restabelecida.

**Tabela 10.** Densidade em indivíduos por m<sup>2</sup> dos grupos funcionais da fauna do solo para as áreas estudadas.

Grupos funcionais	Floresta	Capoeira	Banana	Mandioca
<b>Sociais: Formicidae</b>	889,6 a	619,2 a	504,0 a	126,4 b
<b>Holometábolos</b>	243,2 a	222,4 a	107,2 a	51,2 b
<b>Larvas</b>	188,8 a	150,4 a	120,0 a	40 b
<b>Saprófagos</b>	92,8 a	121,6 a	54,4 a	12,8 b
<b>Sociais: Isoptera</b>	76,8 a	84,8 a	153,6 a	3,2 b
<b>Predadores</b>	48,0 a	35,2 a	38,4 a	6,4 b
<b>Fitófagos</b>	25,6 a	57,6 a	24,0 a	11,2 a
<b>Micrófagos</b>	16,0 a	19,2 a	24,0 a	9,6 a
<b>Parasitóides</b>	3,2 a	17,6 a	44,8 a	33,6 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.

Em relação à composição das comunidades, observa-se que para todos os grupos exceto Fitófagos, Micrófagos e Parasitóides houve diferença significativa entre a mandioca e as demais áreas (Tabela 10).

O plantio de banana entremado à floresta apresentou maiores densidades de Saprófagos, Fitófagos e Micrófagos quando comparado com a área de plantio de mandioca, o que sugere um estabelecimento de uma teia trófica decompositora mais ampla neste plantio, embora Fitófagos e Micrófagos não tenham apresentado diferença estatística (Tabela 10). A área de plantio de banana apresenta um elevado número de insetos sociais (Formicidae e Isoptera) e Larvas. Já o plantio de mandioca um elevado número de formigas e insetos Holometábolos (Tabela 10).

Os grupos funcionais Parasitóides e Predadores na área de mandioca apresentaram em conjunto 13,6% do total de indivíduos por m<sup>2</sup> encontrados nesta área. Enquanto que para a área de banana este valor é de 7,8% do total. Em relação aos Parasitóides a diferença entre estas duas áreas não é significativa, ao contrário dos Predadores (Tabela 10).

Em todas as áreas foram observadas maiores densidades de organismos Saprófagos e Fitófagos comparando aos Micrófagos (Tabela 10).

Na Floresta Secundária sua comunidade foi dominada por formigas e insetos Holometábolos, apresentando baixíssima quantidade de Parasitóides, embora estatisticamente não seja diferente das demais áreas (Tabela 10).

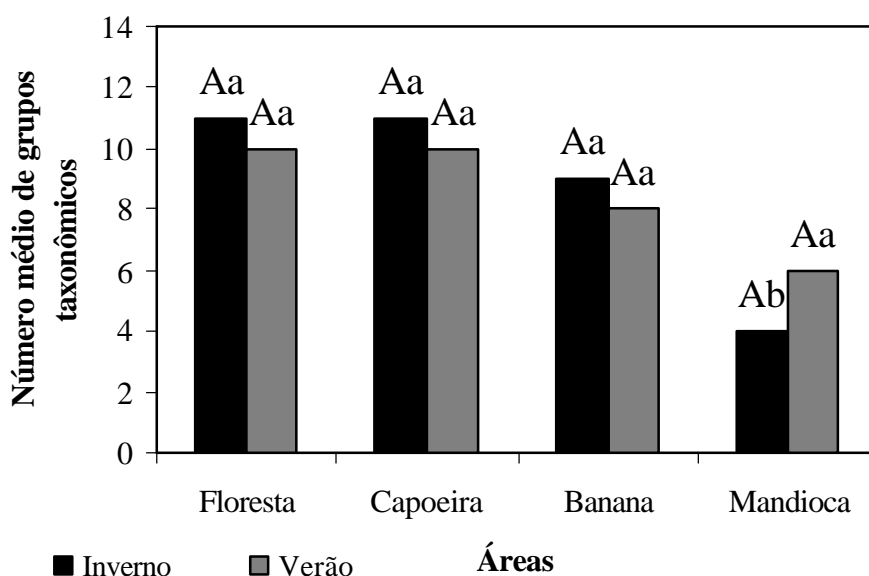
#### **4.4.3 Variações da riqueza de grupos taxonômicos**

Em relação ao número médio de grupos taxonômicos presentes nas diferentes áreas e estações, pode-se observar que na estação do inverno houve diferença significativa entre as áreas. A área de plantio de mandioca apresentou menor média (4 grupos) em relação as áreas de floresta secundária (11 grupos), capoeira (11 grupos) e plantio de banana (9 grupos) diferenciando-se das mesmas (Figura 22). Possivelmente em função do manejo adotado para a condução da cultura, a área de plantio de mandioca proporciona um ambiente uniforme, modificando a diversidade e a quantidade do substrato para as populações de animais edáficos, podendo ocasionar uma mudança na estrutura e na composição das comunidades não adaptadas a estas condições ambientais (MEDRI & LOPES, 2001).

No verão esta diferença não foi observada, embora a área de plantio de mandioca continue apresentando os menores valores médios (Figura 22). É possível que esta diferença não tenha sido significativa devido à agregação das populações, uma vez que os artrópodes edáficos, de uma forma geral, distribuem-se de maneira não aleatória ou “contagiosa”, formando agregados de tamanhos variáveis, desta forma aumentando a variância nesta área. Segundo USHER (1969) ocorrem três tipos de agregação classificados como do Tipo I que é aquela em que os agregados podem ter sua origem em fenômenos reprodutivos, sendo derivados de posturas, onde os maiores valores de agregação são verificados em épocas de reprodução. Do Tipo II quando ocorre à busca de microhabitats favoráveis pelos artrópodes, que mesmo não ocorrendo um aumento da densidade, ocorre um aumento na agregação. E do tipo III que supõe que o crescimento populacional acompanhado da colonização progressiva de novos microhabitats, o que gera um aumento tanto no número de agregados, quanto no número de indivíduos por agregados.

Em relação à sazonalidade, não houve diferença entre as duas estações estudadas para todas as áreas. A área de mandioca apresentou um aumento do número de grupos no verão e as demais áreas um pequeno decréscimo. FERREIRA & KATO (2004) estudando a mesofauna do solo em sistemas agroflorestais, mata secundária e culturas

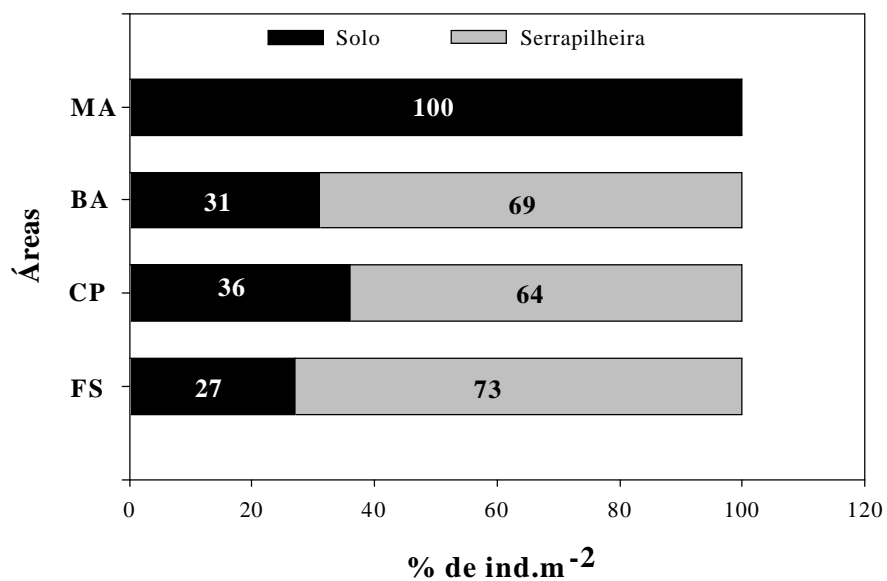
anuais e perenes no nordeste Paraense, também não observaram diferença entre os períodos seco e chuvoso, em relação ao número médio de grupos taxonômicos.



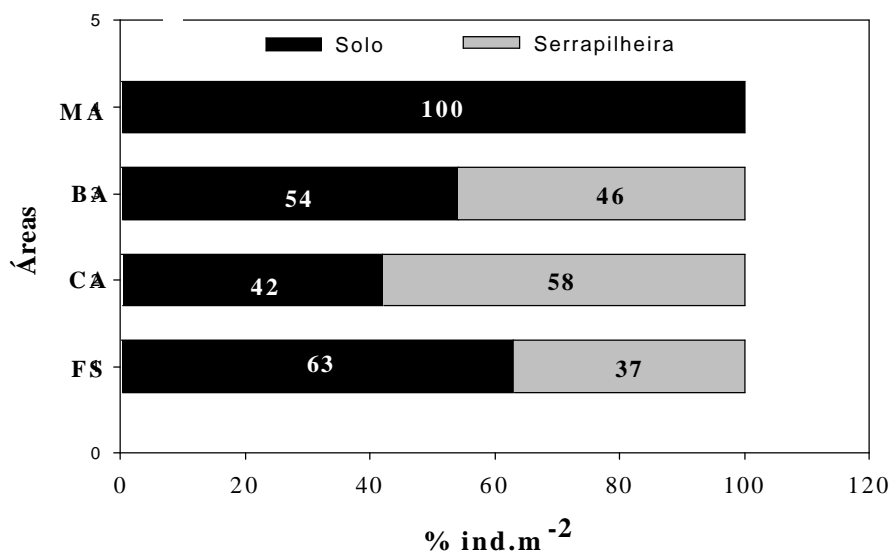
**Figura 23.** Número médio de grupos taxonômicos da fauna do solo nas quatro áreas estudadas no inverno e no verão. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.

#### 4.4.4 Distribuição vertical

Nas Figuras 23 e 24 pode-se observar a distribuição dos organismos entre os dois compartimentos solo e serrapilheira. Na estação seca verifica-se para todas as áreas, exceto a área de plantio mandioca, a preferência dos organismos pela serrapilheira, segundo o teste do Qui-Quadrado ( $X^2$ ). Já na estação chuvosa, os organismos presentes nas áreas de floresta e banana tiveram preferência pelo solo. COSTA (2002) avaliando a fauna do solo em plantios experimentais de espécies arbóreas observou para o total de indivíduos coletados na primavera, outono e inverno preferência pela serrapilheira e no verão pelo compartimento solo. Já em estudos feitos em área de floresta secundária, na FLONA Mário Xavier em Seropédica (RJ), observou-se no verão preferência pela serrapilheira em relação ao solo (CORRÊA NETO et al., 2001). Constata-se que as áreas de plantio de banana e floresta secundária apresentaram comportamento semelhante em relação a distribuição vertical em ambas as épocas.



**Figura 24.** Distribuição vertical (solo-serrapilheira) da fauna edáfica nas quatro áreas (floresta secundária, capoeira, banana e mandioca) no inverno. Floresta Secundária (FS); Capoeira (CA); Banana (BA); Mandioca (MA).



**Figura 25.** Distribuição vertical (solo-serrapilheira) da fauna edáfica nas quatro áreas (floresta secundária, capoeira, banana e mandioca) no verão. Floresta Secundária (FS); Capoeira (CA); Banana (BA); Mandioca (MA).



**Tabela 11.** Análise de Qui-quadrado ( $X^2$ ) da distribuição vertical (solo-serrapilheira) da fauna edáfica nas quatro áreas (floresta secundária, capoeira, banana e mandioca) no inverno e no verão.

Áreas	$X^2$ Inverno	$X^2$ Verão
Floresta Secundária	56,16***	116,50***
Capoeira	52,79***	30,22***
Banana	59,71***	79,54***
Mandioca	-	-

\*\*\*Diferença significativa a 0,1%

#### 4.4.5 Variações da composição relativa

Para avaliar a composição percentual sazonal dos principais grupos taxonômicos para as diferentes áreas, foram identificados os oito principais grupos no total (Tabela 6), onde a proporção percentual foi avaliada em todas as áreas nas duas estações. O limite estabelecido para a escolha dos principais grupos taxonômicos foi a presença de indivíduos acima de 2% do total. Os grupos que apresentaram porcentagem abaixo deste limite foram incluídos na categoria “Outros”. Esta avaliação permite que sejam identificadas variações nas proporções relativas dos grupos durante o período de estudo, além de também identificar diferenças e similaridades existentes entre as áreas estudadas.

##### Composição relativa dos grupos taxonômicos

Na área de floresta secundária a proporção de ocorrência dos principais grupos taxonômicos no inverno foi de: Formicidae (29%), Coleoptera (29%), Isoptera (12%), Larvas de Coleoptera (6 %), Isopoda (4 %), Diptera (3%), Larvas de Diptera (3%) e Outros (13%) (Figura 25). No verão a seqüência foi: Formicidae (72%), L. de Coleoptera (11%), Coleoptera (4%), Isopoda 2%, Diptera 1%, L. de Diptera (1%) e Outros (8%) (Figura 26).

Para área de capoeira a ordem dos principais grupos taxonômicos no inverno foi a seguinte: Formicidae (39%), Coleoptera (17%), Isoptera (17%), L. de Coleoptera (5%), Diptera (2%), Isopoda (2%), L. de Diptera (1%) e Outros (17%) (Figura 25). E no verão: Formicidae (52%), Coleoptera (11%), L. de Diptera (8%), L. de Coleoptera (5%), Isopoda (4%), Diptera (3%), Hymenoptera (1%) e Outros (14%) (Figura 26).

Os grupos taxonômicos na área de plantio de banana entremeada a floresta no inverno se comportaram da seguinte maneira: Formicidae (37%), Coleoptera (10%), Diptera (3%), L. de Diptera (2%), L. Coleoptera (2%), Hymenoptera (1%) e Outros (15%) (Figura 25). No Verão a ordem foi: Formicidae (65%), L. Coleoptera (12%), Coleoptera (4%), Isopoda (3%), Diptera (2%), L. de Diptera (2%), Hymenoptera (1%) e Outros (10%) (Figura 26).

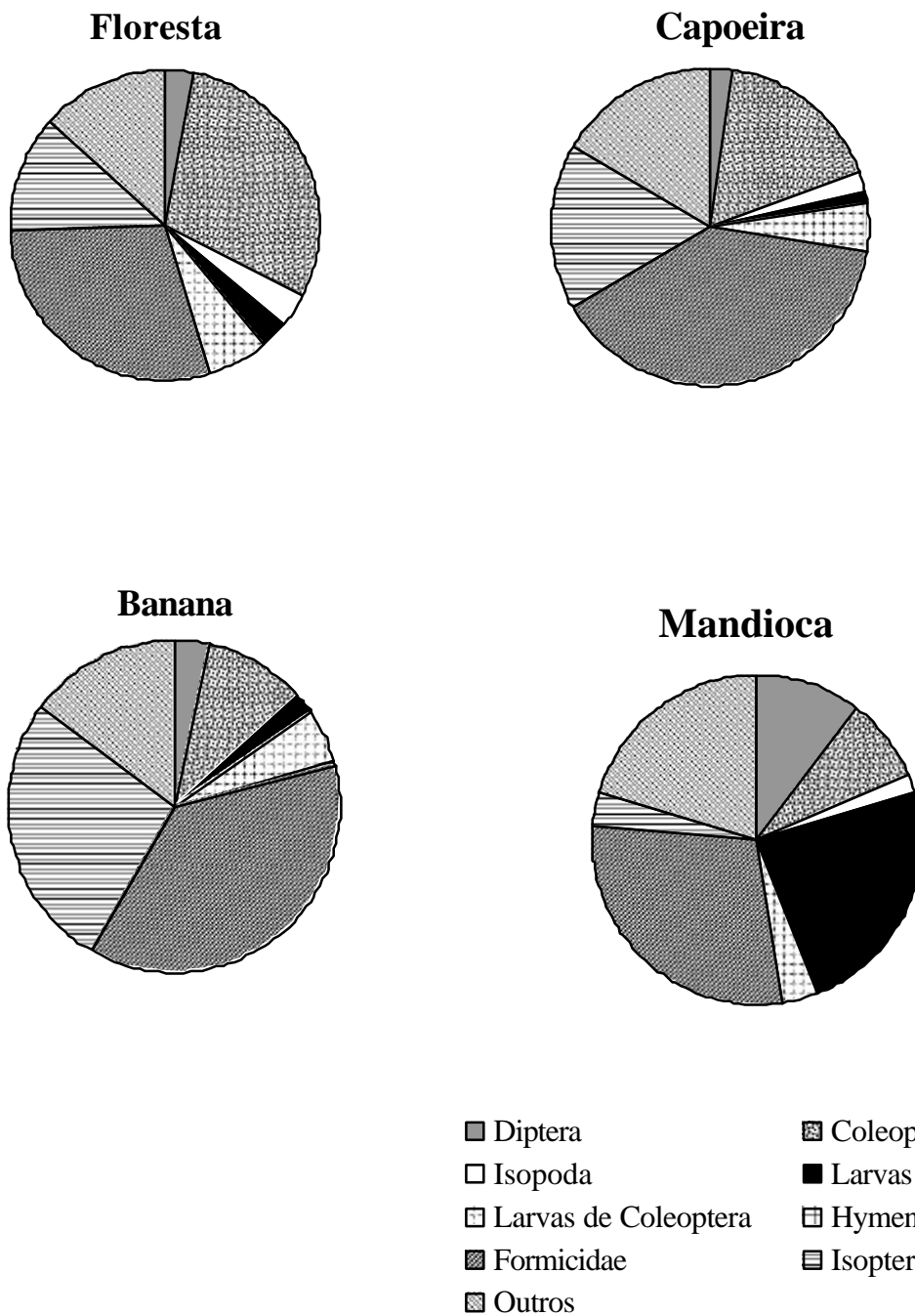
No plantio de Mandioca no inverno seguiu-se a seguinte seqüência: Formicidae (29%), L. Diptera (24%), Diptera (10), Coleoptera (8%), L. Coleoptera (3%), Isoptera (3%), Isopoda (2%) e Outros (20%) (Figura 25). Já no verão a ordem foi: Formicidae (63%), Coleoptera (10), L. Coleoptera (7%), Isopoda (2%) e Outros (9%) (Figura 26).

Diante do exposto acima, pode-se verificar que o grupo Formicidae dominou a composição relativa em todas as áreas e nas duas estações, mostrando desta maneira a atividade destes artrópodes, mantendo-se sempre ativos nas camadas superficiais do solo. Sua proporção foi maior no verão, ao contrário dos Coleopteras, que nas áreas de floresta secundária, capoeira e banana entremeada à floresta, apresentaram uma queda na composição relativa no verão. Este fato também foi observado por CORREIA (1994)

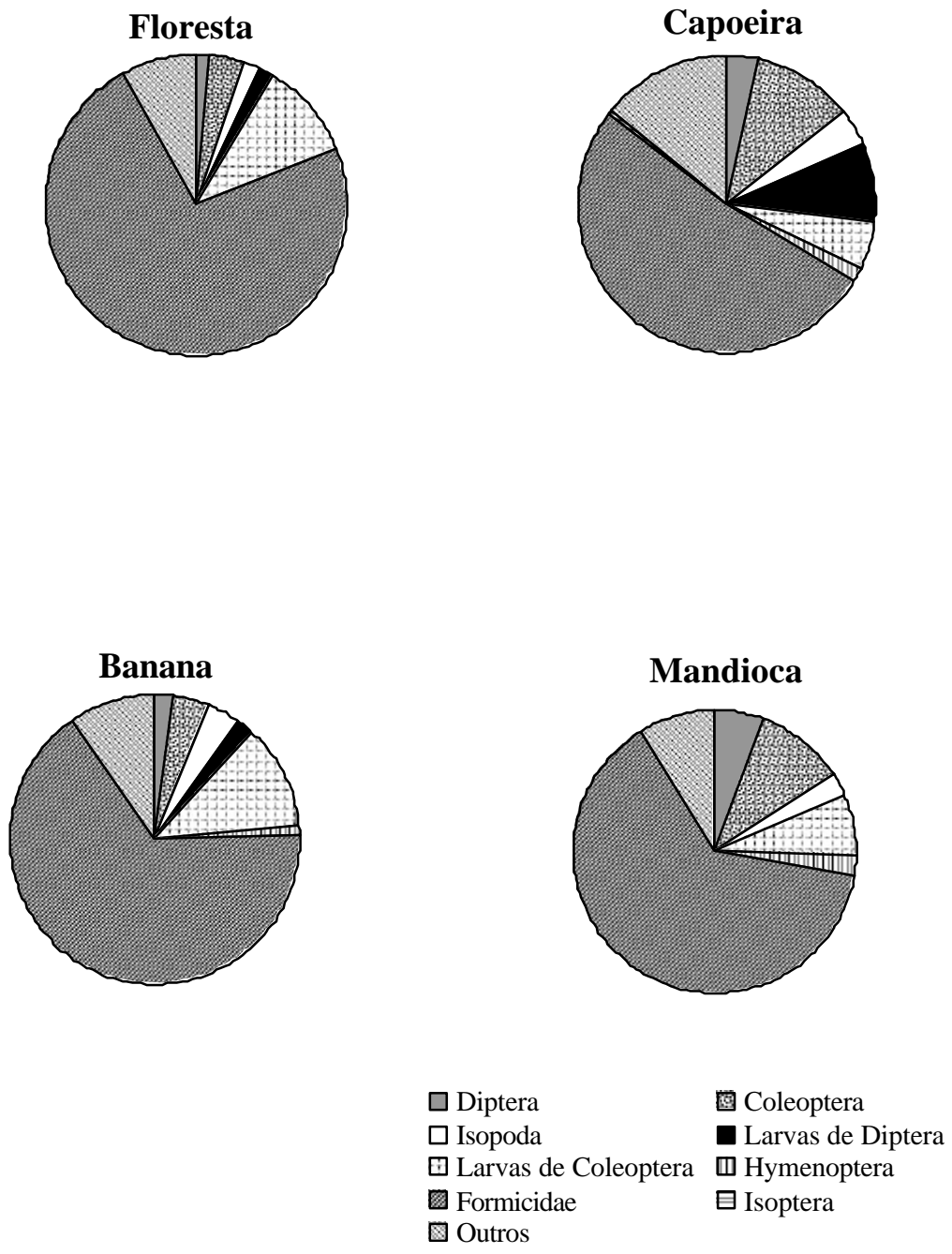
em ecossistemas de Mata Atlântica de Tabuleiros, onde observou densidades elevadas deste grupo ao longo do ciclo anual com uma redução significativa dos seus efetivos no verão. Na área de mandioca, o verão apresenta-se com percentagem um pouco maior, embora pareça não ser significativa. Estes dois grupos (Formicidae e Coleoptera) aparecem nas quatro áreas e nas duas estações entre grupos de maior ocorrência dentre os oito grupos destacados, dados estes que corroboram com os de TOLEDO (2003). Este mesmo autor discute, em relação à família Formicidae, que por pertencerem ao grupo funcional dos insetos sociais, possuem grande resistência às variações climáticas, o que pode estar relacionado com a ocorrência nas duas estações. Já para os Coleopteras, a grande percentagem pode estar relacionada à sua rusticidade, o que garante maior resistência às alterações ambientais.

As Larvas de Diptera tiveram comportamentos diferentes entre as estações. Na área de mandioca no inverno estes organismos apresentaram uma composição relativa de 24%, já no verão sua ocorrência foi nula, isto pode estar relacionado à sua sensibilidade a altas temperaturas, já que esses organismos são incapazes de migrar para horizontes mais profundos do solo (BRIONES et al., 1997) ficando exposto na superfície, uma vez que esta área apresenta o solo praticamente sem serrapilheira, impedindo desta forma que estes invertebrados tenham microhabitats de refúgio. As Larvas de Coleoptera apresentaram maior composição relativa no verão.

Isoptera e Hymenoptera não tiveram comportamentos muito diferentes em relação às estações.



**Figura 26.** Composição relativa da comunidade da fauna do solo no inverno para as diferentes áreas.



**Figura 27.** Composição relativa da comunidade da fauna do solo no verão para as diferentes áreas.

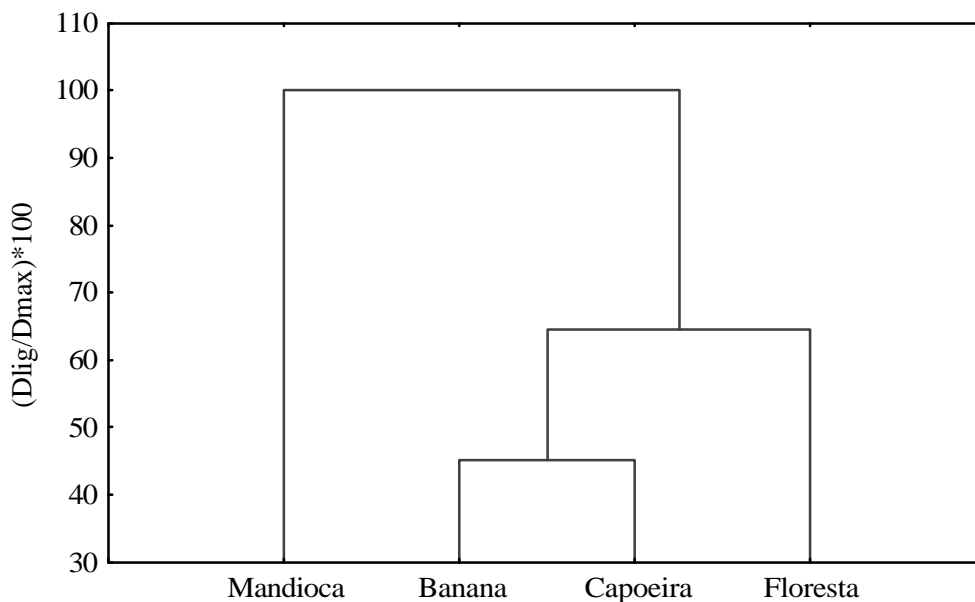
#### 4.4.6 Análises multivariadas

##### Análises de agrupamento

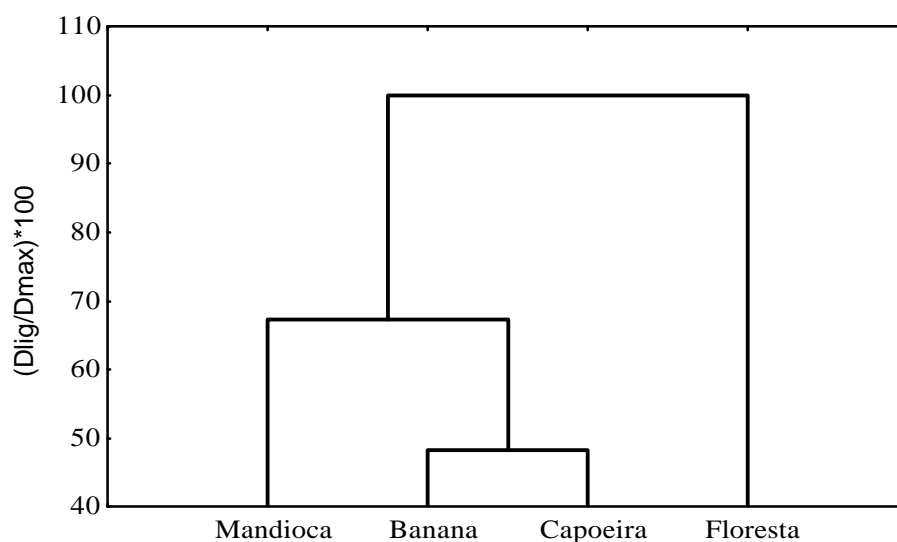
Nas figuras abaixo, são apresentados os dendrogramas mostrando o grau de distanciamento das áreas no inverno (Figura 27) e no verão (Figura 28).

No inverno, a análise de agrupamento identificou a área de mandioca com nenhuma similaridade com as demais áreas, uma vez que sua distância de ligação foi de 100%. Houve a formação de um conjunto que integrou banana, capoeira e floresta. A área de floresta apresentou aproximadamente 35% de analogia em relação às áreas de banana e capoeira. Esta análise identificou também que a comunidade da fauna do solo da área de banana mostrou uma similaridade de 55% com a área de capoeira (Figura 27).

No verão, estas áreas se comportaram de maneira diferente. A área de floresta se destacou dos demais grupos. Isto pode estar relacionado a grande quantidade de Formicidae existente nesta área nesta estação. As áreas de capoeira, banana e mandioca se agruparam, sendo que a área de mandioca apresenta-se distante destas duas áreas em quase 70% (Figura 28).



**Figura 28.** Densidade de organismos, agrupados pelo método Ward's em dendrograma utilizando a distância Euclidiana no inverno.



**Figura 29.** Densidade de organismos, agrupados pelo método Ward's em dendrograma utilizando a distância Euclidiana no verão.

### **Análise fatorial de correspondência (AFC)**

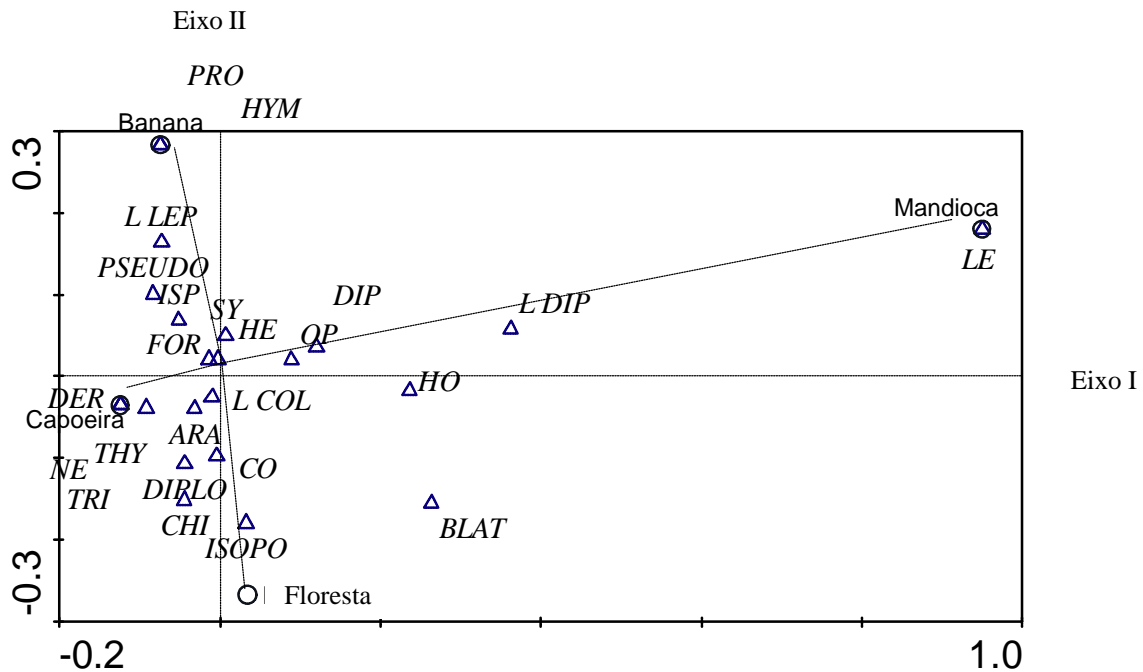
A AFC está representada nas Figuras 29 e 30, inverno e verão respectivamente, sendo a distribuição das áreas (floresta, capoeira, banana e mandioca) feita por setas e os grupos taxonômicos da fauna do solo representados por triângulos.

Na Figura 29 a AFC apresentou autovalores de 50%, para o primeiro eixo ou fator (horizontal), e 32%, para o segundo eixo ou fator (vertical), o que representa 82% da variância total acumulada nos dois primeiros eixos, sendo a maior percentagem explicada pelo primeiro.

O eixo I está positivamente ligado aos grupos taxonômicos: Diptera, Larva de Diptera, Homoptera e Opilionida, o que indica que suas densidades covariaram, ou seja, estes grupos apresentaram similaridade quanto a sua abundância. Além disso, estes grupos taxonômicos ocorreram em maior abundância na área de plantio de mandioca.

Em oposição, projetam-se negativamente ao eixo I os grupos Dermaptera, Aranae, Thysanoptera, Diplopoda, Neuroptera, Trichoptera, Chilopoda, Coleoptera e Larvas de Coleoptera, estando esses grupos mais associados às áreas de capoeira e floresta secundária. Estão também negativamente relacionados a este eixo os grupos: Larvas de Lepidoptera, Pseudoscorpionida, Isoptera, Formicidae, Heteroptera, Symphyla, Protura e Hymenoptera que por sua vez são mais abundantes na área de banana.

Este eixo contribuiu para separação da área de plantio de mandioca das áreas de capoeira, floresta secundária e plantio de banana, conferindo com o resultado mostrado pela análise de agrupamento para esta estação.



**Figura 30.** Diagrama de ordenamento obtido a partir da AFC para as densidades médias dos grupos taxonômicos da fauna do solo, nas quatro áreas estudadas, no inverno, onde: FOR – Formicidae, ISP – Isoptera, DIP – Diptera, OP – Opilionida, HO – Homoptera, HE – Heteroptera, BLAT – Blattodea, ARA – Aranae, CO – Coleoptera, L COL – Larvas de Coleoptera, L DIP – Larvas de Diptera, L LEP – Larvas de Lepidoptera, DIPLO – Diplopoda, CHI – Chilopoda, ISOPO – Isopoda, SY – Symphyla, PSEUDO – Pseudoscorpionida, THY – Thysanoptera, TRI – Tricoptera, DER – Dermaptera, NE – Neuroptera.

O eixo II que apresenta a menor variância explicada (32%), esteve positivamente correlacionado à área de banana. Nesta área, ordens como Shymphyla e Pseudoscorpionida, indicadores de regeneração de áreas, estiveram em maior abundância. Esse eixo relacionou-se negativamente à área da floresta e, concomitantemente aos grupos pertencentes em maior abundância nesta área, grupos estes que já foram relatados acima.

No verão, os dois fatores extraídos somaram 92,5% da variância explicada: 77,1% no primeiro fator e 15,4% no segundo.

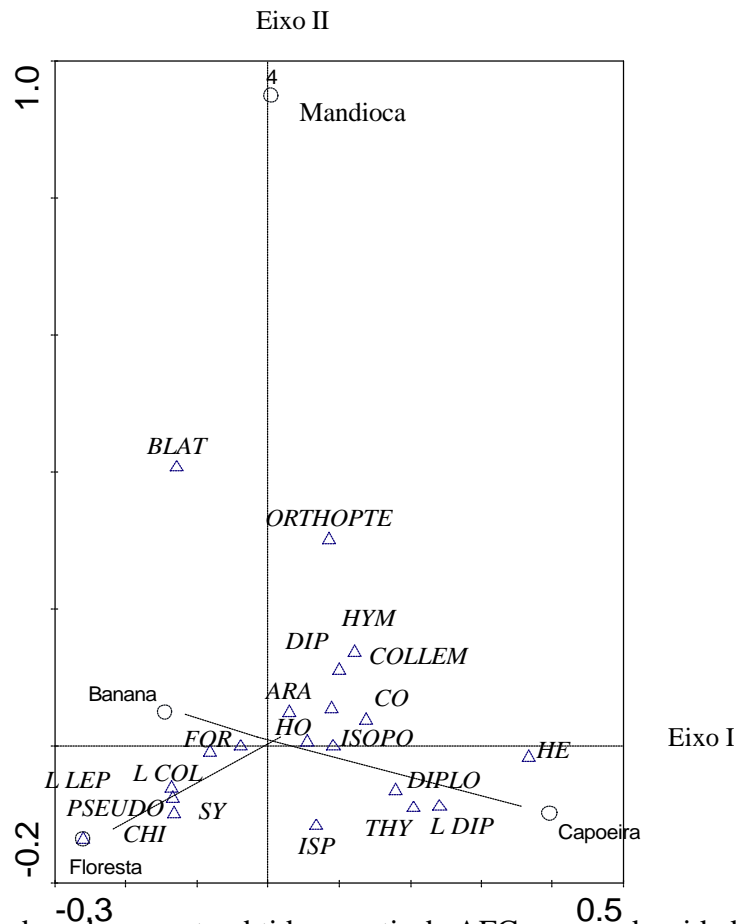
Os grupos: Heteroptera, Diplopoda, Larva de Diptera, Diplopoda, Thysanoptera foram os que mais contribuíram para formação do eixo I, assim como a área de capoeira, estando estes grupos taxonômicos mais correlacionados a esta área. Em oposição estão as áreas de banana e floresta e os grupos Formicidae, Larva de Coleoptera, Larva Lepidoptera, Pseudoscorpionida, Symphyla e Chilopoda.

O eixo II esteve positivamente ligado à área de mandioca e aos grupos Blattodea, Orthoptera, Hymenoptera e Diptera. Em contrapartida, estiveram negativamente projetadas neste eixo as áreas de capoeira e floresta e os grupos relacionados a estas áreas. Embora a área de banana não esteja projetada negativamente a este eixo, a mesma não teve grande contribuição para formação do mesmo.

Em relação às estações, através da AFC, foi possível observar que no verão ocorreu uma maior proximidade entre as áreas de floresta e banana quando comparada a estação do inverno. A distribuição dos grupos demonstra que a área de mandioca em ambas as épocas se destaca das demais, sugerindo que o manejo adotado esta contribuindo para modificação da distribuição dos mesmos.

A disposição espacial dos grupos taxonômicos na AFC, em cada uma das estações, correlacionou-se com os resultados mostrados pelos gráficos de composição relativa dos grupos da fauna do solo, sendo que a AFC mostrou a disposição de grupos que na composição relativa tinham ficado dentro da categoria outros, por terem ocorrido em proporções abaixo de 2% do total.

Os resultados demonstram haver diferenças em relação ao comportamento dos grupos taxonômicos no que se refere às estações.



**Figura 31.** Diagrama de ordenamento obtido a partir da AFC para as densidades médias dos grupos taxonômicos da fauna do solo, nas quatro áreas estudadas, no verão, onde: FOR – Formicidae, ISP – Isoptera, DIP – Diptera, OP – Opilionida, HO – Homoptera, HE – Heteroptera, BLAT – Blattodea, ARA – Araneae, CO – Coleoptera, L COL – Larvas de Coleoptera, L DIP – Larvas de Diptera, L LEP – Larvas de Lepidoptera, DIPLO – Diplopoda, CHI – Chilopoda, ISOPO – Isopoda, SY – Symphyla, PSEUDO – Pseudoscorpionida, THY – Thysanoptera, TRI – Tricoptera, DER – Dermaptera, NE – Neuroptera.



## 5. CONCLUSÕES

De uma maneira geral, os resultados indicam a existência de variações nas propriedades edáficas em função da cobertura vegetal e manejo. Ao se comparar as áreas de plantio com mandioca (monocultivo) e a de banana entremeada à floresta (sistema agroflorestal), os resultados sugerem que o monocultivo da mandioca promoveu a redução da matéria orgânica assim como, a redução da saturação por bases, aumento da densidade do solo e diminuição do volume total de poros.

A produção de esporos foi influenciada pelo tipo de cobertura vegetal, onde no inverno as áreas de cultivo de banana e mandioca produziram maior número de esporos de FMAs do que floresta e capoeira. No verão somente a área de mandioca apresentou alta produção de esporos. O período chuvoso proporcionou a existência de maior número de espécies de FMAs que o período seco, nas áreas de floresta e plantio de banana. Em relação à ocorrência de cada espécie de FMAs não houve um padrão definido quanto a época seca ou chuvosa.

Quanto à fauna do solo, esta mostrou maior alteração na área de plantio de mandioca, apresentando um menor número de indivíduos  $m^{-2}$  e menor riqueza de grupos taxonômicos. A avaliação da distribuição vertical mostrou a importância da serrapilheira na época seca, uma vez que a maior parte dos organismos da fauna do solo encontram-se associados a esta camada. A área de mandioca se destaca das demais áreas em relação à composição dos grupos taxonômicos em ambas as épocas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi observado que, apesar de algumas diferenças entre a área de plantio de banana entremeada à floresta e as áreas de floresta secundária e capoeira, o manejo utilizado pelos agricultores não está alterando significativamente os atributos químicos, físicos e biológicos do solo na área de plantio dos bananais. Em decorrência da forma de uso (sistema agroflorestal), constata-se uma melhoria da fertilidade do solo, incremento de C orgânico, Ca e Mg e menor teor de Al, em relação à área de floresta. Além disto às propriedades biológicas (fungos micorrízicos e fauna edáfica) apresentam comportamento bastante semelhante ao encontrado na área de floresta.

Diante os conflitos existentes entre os agentes ambientais e a comunidade caiçara pelo uso e ocupação da terra, sugere-se a ação conjunta destes dois segmentos para a implantação e/ou ampliação do emprego de sistemas agroflorestais nas áreas de entorno do Parque. Desta forma a própria comunidade caiçara poderia atuar como agente de proteção da reserva florestal. Além disto à criação de programas de educação ambiental, que demonstrassem a importância da manutenção do Parque e que envolvessem a comunidade caiçara, também seriam de grande importância para a diminuição da pressão antrópica a que este vêm sendo submetido.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTION, D. F. & PADBURY, G. A. A conceptual framework for soil quality assessment and monitoring. In: D. F. ACTION. A program to Assess and Monitor Soil Quality in Canada: Soil Quality Evaluation Program Summary. **Centre for Land and Biological Resources Research**, n° 93-49, Agriculture Canada, Ottawa, 1993.

ABBOT, L.K. & ROBSON, A.D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.35, p.121-150, 1991.

AGNEW, M. L.; CARROW, R. N. Soil compaction and moisture areas preconditioning in Kentucky bluegrass. 1. Soil aeration water use, and root responses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, p. 872-878, 1985.

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J. & FIORIN, J.E.; RUEDELL, J. PETRERE, C. & FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **R. Bras. Ci. Solo**, 19:115-119, 1995.

ALCÂNTARA, E.N. Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade de um Latossolo Roxo distrófico. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1997. 133p. (**Tese de Doutorado**).

ALLEN, E.B.; ALLEN, M.F.; HELM, D.J.; TRAPPE, J.M.; MOLINA, R.; RINCON, E. Patterns and regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity. *Plant and Soil*, Haugue, v. 170, p.47-62, 1995.

ANDERSON, J.M. Invertebrate-mediated transport process in soils. **Agriculture Ecosystems and ENVIRONMENT**, Amsterdam, v.25, p.5-14, 1988.

ARSHAD, M.A. & COEN, G.M. **Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria**. *Am. J. Alter. Agric.*, v.7, p.25-31. 1992.

AZOOZ, R.H.; ARSHAD, M.A.; FRANZLUEBBERS, A.J. Pore size distribution and hydraulic conductivity affected by tillage in Northwestern Canada. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.60, p.1197-1201, 1996.

BANDEIRA, A.G. & HARADA, A.Y. Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia central. *Acta Amazônica*, 28: 191-204, 1998.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, Gênese, 1999. P.9-26.

BARBER, R.G.; ORELLAN, M.; NAVARRO, F.; DIAZ, O; SORUCO, M.A. Effects of conservation and conventional tillage systems after land clearing on soil properties and crop yield in Santa Cruz, Bolivia. **Soil and Tillage Research**, Madison, v.38, p.133-152, 1997.

BENITES, V.M.; MADARI, B. & MACHADO, P.L.O. de A. Extração e Fracionamento Quantitativo de Substâncias Húmicas do Solo: um Procedimento simplificado de Baixo Custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7 p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 16).

BERTOL, I.; ALBURQUEQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J. & ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e susseção de culturas comparadas às do campo nativo. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:155-163, 2004.

BLEVINS, R.L., THOMAS, G.W., SMITH, M.S. et al. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. **Soil Tillage Res.** V. 3 p. 50-60. (Boletim Técnico, n. 12).1983.

BORGES, A.L. & KIEHL, J.C. & SOUZA, L.S. Alteração das propriedades físicas e atividade microbiana de um latossolo amarelo álico após o cultivo com fruteiras perenes e mandioca. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 23: 1019-1025, 1999.

BORGES, A.L. & KIEHL, J.C. Cultivo de frutíferas perenes e de mandioca sobre propriedades químicas de um latossolo amarelo álico de Cruz das Almas (BA). **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 21: 341-345, 1997.

BORGES, A.L. & KIEHL, J.C. Alteração da matéria orgânica de um latossolo amarelo álico de Cruz das Almas (BA), pelo cultivo de frutíferas perenes e mandioca. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 20: 313-318, 1996.

BRIONES, M.J.I., INESON, P. & PEARCE, T.G. Effects of climate change on soil fauna; responses of enchytraeids, Diptera larvae and tardigrades in a transplant experiment. **Applied Soil Ecology** 6 (1997) 117-134.

CAPRONI, A.L. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas/PA. Seropédica, UFRRJ, 2001. 186p. (Tese de Doutorado).

CAPRONI, A.L.; FRANCO, A.A.; ABOUD, A.C.S.; BERBAR, R.L.L. & GRANHA, J.R.O. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas degradadas pela mineração de bauxita e reflorestadas com espécies florestais nativas em Porto Trombetas-PA. In: XXIV REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS; VIII REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS; V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO; III REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO. 2000, Santa Maria. Resumos..., Santa Maria, 2000. Seção trabalhos voluntários. CD-ROM.

CASTRO, O.M. Comportamento físico e químico de um latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (*Zos mays* L.). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luz de Queiroz”, 1995. 174p. (Dissertação de Mestrado).

CARRENHO, R. Influência de diferentes espécies de plantas hospedeiras e fatores edáficos no desenvolvimento de fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Rio Claro, UNESP, 1998, 227. (**Tese de Doutorado**).

CHAER, G.M. Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. p.89. (**Dissertação de Mestrado**).

CHRISTIASSEN, T.A.; LOCKWOOD, J.O. & POWELL, J. 1989. Litter decomposition by arthropods in undisturbed and intensively managed mountain brush habitats. *Great Basin Naturalist* 49:562-569.

CHURCHMAN, G.L., TATE, K.R. Stability of aggregates of different size grades in allophanic soils from volcanic ash in New Zeland. **J. Soil Sci.**, v. 38, p. 19-27, 1987.

CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE. Mata Atlântica. Disponível na INTERNET via [www.estadao.com.br/ext/ciencia/arquivo/mata/index.htm](http://www.estadao.com.br/ext/ciencia/arquivo/mata/index.htm). Arquivo consultado em 02/05/2003.

COLEMAN, D.C. & CROSSLEY, D.A. **Fundamentals on soil ecology**. London: Academic Press, 1996. 205p.

COLOZZI-FILHO, A. & BALOTA, E.L. Micorrizas arbusculares. In:HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S., (Ed.) **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994.P.383-418.

CONCEIÇÃO, P.C. Indicadores de qualidade do solo visando a avaliação de sistemas de manejo do solo. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria — UFMS, 2002. 138p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)

CONSÓRCIO MATA ATLANTICA/UNICAMP, Campinas, SP. **Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: plano de ação**. Campinas, 1992, v.1, 101 p. (Referencias básicas, 1).

COOTE, D.R. & RAMSEY, J.F. Quantification of the effects of over 35 years of intensive cultivation on four soils. **Can J. Soil Sci.**, 63:1-14, 1983.

CORDEIRO, M.A.S.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; AZEVEDO, W. PAULINO, H.B. & CARNEIRO, M.A.C. **Fungos micorrízicos arbusculares em diferentes sistemas de manejo de um Neossolo quartzarênico**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 2003. Ribeirão Preto -SP, 2003. CD-ROM.

CORRÊA NETO, T.A.; PEREIRA, M.G.; CORREIA, M.E.F.; ANJOS, L.H.C. dos. Deposição de serrapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária. **Floresta & Ambiente**, vol.8, n.1, 2001. 70-75p.

CORREIA, M.E.F., ANDRADE, A.G., FARIA, S.M. Sucessão das comunidades de macroartrópodos edáficos em plantações de três leguminosas arbóreas, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26. 1997, Rio de Janeiro, RJ. Resumos..., Rio de Janeiro, RJ, 1997. Seção trabalhos voluntários. 1 CD-ROM.

CORREIA, M.E.F., Organização da comunidade de macroartrópodos edáficos em um ecossistema de Mata Atlântica de Tabuleiros, Linhares (ES). UFRJ, Pós-graduação em Ecologia, Rio de Janeiro, RJ. 1994. 76p. (**Dissertação de Mestrado**)

COSTA, R.S.C. da; COSTA, N. de L.; MENDES, A.M.; RODRIGUES V.G.S. Ocorrência de fungos MA em diferentes sistemas de uso da terra em Rondônia e Acre, Brasil. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1999.

COSTA, P. Fauna do solo em plantios experimentais de *Eucalyptus grandis* Maiden, *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Acacia mangium* Willd. Seropédica, UFRRJ, Instituto de Agronomia, 2002, 93p. (**Dissertação de Mestrado**).

CUENCA, G.; ANDRADE, Z.; ESCALANTE, G. Diversity of Glomalean spores from natural, disturbed and revegetated communities growing on nutrient-poor tropical soils. **Soil Biology of Biochemistry**, Oxford, v.30, n.6, p.711-719, 1998.

DALLA ROSA, A. Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo no solo Santo Ângelo (Latossolo roxo distrófico). Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1981. 138p. (**Dissertação Mestrado**).

DAY, P.R. Particle fractionation and particle size analysis. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis. Agronomy, washington.p.I, v.9, p.545-567,1965.

DECAENS, T.; DUTOIT, T.; ALARD, D. & LAVELLE, P. Factors influencing soil macrofaunal communities in post-pastoral successions of Western France. **Applied Soil Ecology**, v. 9, p.361-367, 1998.

DE MARIA, I.C. & CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **R. Bras. Ci. Solo**, 17: 471-477, 1993.

DIAS, L.E. & GRIFFITH, J.J. Conceituação e Caracterização de Áreas Degradadas. In: DIAS, L.E. & MELLO, J.W.V. DE (eds.) Recuperação de Áreas Degradadas. Viçosa: Depto de Solos UFV/ Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1988. 251 p. p. 1-7.

DINDAL, D.L. (Ed.). 1990. **Soil Biology Guide**. John Wiley & Sons. New York. 1349p.

DORAN, J. W., MIELKE, L.N., POWER, J.F. Microbial activity as regulated by soil water filled pore. In: TH INT. CONGR. OF SOIL SCIENCE, (14, Viena, 1990). Kyoto, Japan. Anais... Viena: Áustria, 1990. p. 94 –99.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al. (Eds.) **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison: ASA/SSSA, 1994. P.3-21

DORAN, J.W. Soil quality and Sustainability. I: Comição do “V Inventory, Genesis, Morfology and Classification of Soils” no XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do solo, Rio de Janeiro, RJ. 1997, 19p.

DUCHAUFOR, P. & TOUTAIN, F. Apport de la pédologie à l'étude des écosystèmes. **Bull. Ecol.**, 17:1-9, 1985.

DUCHAUFOR, P. **Pedology**: pedogenesis and classification. London: George Allen & Unwin, 1982. 187p.

DUCHAUFOR, P. **Humification et ecologie**. Cahiers Orstom, Paris, 7(4):379-390, 1970. (Sér Pédologie).

DUMANSKI, J.; PIERI, C. Land quality indicators research plan. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.81, p.155-162, 2000.

EDATHIL, T. T.; MANIAN, S.; UDAIYAN, K. Interaction of multiple VAM fungal species on root colonization, plant growth and nutrient status of tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 59, n. 1-2, p. 63-68, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas em solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, RJ, 1997. 212p.

ERBACH, D.C. **Tillage for continuous corn and corn-soybean rotation**. Trans. ASAE., v. 25, p.906-911, 918. 1982.

FELBECK JUNIOR, G.T. Structural chemistry of soil humic substances. *Adv. Agron.*, New York, 17:327-368, 1965.

FERREIRA, L.M. As interações entre a fração mineral e a fração orgânica em solos da região de Bauru-SP. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1997. 217p. (**Tese de Doutorado**).

FERREIRA, C.P. & KATO, O.R. **Mesofauna do solo em sistemas agroflorestais no Nordeste Paraense**. Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. (5:2004: Curitiba, PR) SAFs: Desenvolvimento com Proteção Ambiental: anais./ editores Derli Dossa, Jorge Ribaski, Luciano Javier Montoya Vilcahuaman- Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 619p. (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

FIALHO, J.F., BORGES, A.C., BARROS, N.F. Cobertura Vegetal e as características químicas físicas e atividades e atividades da microbiota de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Campinas, SP, **R. bras. Ci. Solo**, 1991.v.15, p.21-28.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G. & SILVA, E.M.R. **Propriedades edáficas e fungos micorrízicos arbusculares como indicadores de qualidade em solos de Tabuleiro**. In: XXVI REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS; X REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS; VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO; V REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO. 2004, Lages, SC. Resumos..., Lages, SC, 2004. Seção trabalhos voluntários. CD-ROM.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; NASCIMENTO, G.B. dos; ANJOS, L.H.C. dos; EBELING, A.G. Matéria Orgânica em solos de tabuleiros costeiros na região Norte – Fluminense – RJ. **Floresta e Ambiente**. V.8, n.1, p.114-119, jan/dez. 2001.

FRANCO, A.A. & FARIA, S.M. de. The Contribution of N<sub>2</sub> – fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. *Soil Biol. Biochem.* v. 5/6, p. 897-903. 1997.

FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.; SILVA, E.M.R. da & FARIA, S.M. de. Revegetação de Solos Degradados. Itaguaí: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia – CNPAB, 1992. 9p. (Comunicado Técnico n<sup>o</sup> 9).

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:533-542, 1999.

FRANÇA, S. C. Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares nos manejos convencionais e orgânico de citros e suas interações com *Phytophthora parasítica* / Soraya de Carvalho França. Piracicaba, 2004 – 106p. il: (**Tese de Doutorado**).

FROUZ, J. Use of soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: a review of ecological requirements and response to disturbance. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.74, p. 167-186, 1999.

FUNDAÇÃO MATA ATLÂNTICA. Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica. Disponível na Internet via. [www.estadao.com.br/ext/ciencia/arquivo/mata/index.htm](http://www.estadao.com.br/ext/ciencia/arquivo/mata/index.htm) Acesso em 15/06/2003.

GARAY, I. **Relations entre l'hétérogénéité des litières et l'organisation des peuplements d'arthropodes édaphiques**. Paris: École Normale Supérieure, 1989, 192 p. (Publications du Laboratoire de zoologie n.35).

GASSEN, D.N. Os insetos e a fertilidade de solos. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 1999, Cruz Alta. **Resumos e palestras**. Cruz Alta: Aldeia Norte, 1999. p.70-89.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, p.235-244, 1963.

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

GUADARRAMA, P. & ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, F.J. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different environments in a tropical rain for Veracruz, Mexico. **Mycorrhiza** (1999) 8:267-270.

GUERRA, A.T. O Início do Processo Erosivo. In: ANTONIO JOSE TEXEIRA GUERRA, ANTONIO SOARES DA SILVA, ROSANGELA GARRIDO MACHADO BOTELHO (org.). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p. 17-55.



- HASSEL, M.; TURNER, J.G. & RANDS, M.R.W. 1987. Effects of terrestrial isopods on the decomposition of woodland leaf litter. **Oecologia** (Berlin) 72:597-604.
- HENDRIX, P.F. Soil biota as component of sustainable agroecosystems. In: EDWARDS et al (ed). Sustainable agricultural system. **Soil and Water Conservation**, p. 637-654. 1990.
- HIGASHI, M. & ABE, T. 1997. **Global diversification of termites driven by the evolution of symbiosis and sociality**. In: Abe, T., S.A. Levin & M. Higashi (eds). Biodiversity- an ecological perspective. Springer-Verlag. p. 83-112.
- HOUGHTON, R.A.; SKOLE, D.L. & LEFKOWITZ, D.S. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. II Net release of CO<sub>2</sub> to the atmosphere. **For. Ecol. Manag.**, 38:173-199, 1991.
- ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. *Journal of soil and Water Conservation*, v.55, p.69-78, jan/maç.2000.
- ISMANIA, G.; FILHO, L.E.M.A.A.; SILVA, R.M. DA; RIBEIRO, R.P. & OLIVEIRA, T.C. de. Projeto Curutucu. Disponível na INTERNET via <http://planeta.terra.com.br/turismo/curucutu/pesquisas.htm>. Arquivo consultado em 2003.
- JANOS, D.P.; SAHLEY, C.T. & EMMONS, L.H. (1995) Rodent dispersal of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in Amazonian Peru. **Ecology** 76:1852-1858.
- KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, R.G.; HARRIS, R.F. & SCHEMAN, G.E. 1997. Soil Quality: A concept, definition and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am.* 61:4-10.
- KARLEN, D.L.; WOLLWHAUPT, N.C. ERBACH, D.C.; BERRY, E.C.; SWAN, J.B.; EASH, N.S.; JORDAHL, J.L. Crop residue effects on soil quality following 10-years of no till com. **Soil Tillage Residue**, v.31, p.149-167, 1994.
- KELTING, D.L.; BURGER, J.A.; PATTERSON, S.C.; AUST, W.M.; MIWA, M. & TRETTIN, C.C. Soil quality assessment in domesticated forests – a southern pine example. **For. Ecol. Manage.**, 122:167-185, 1999.
- KENNEDY, A.C. & PARPENDICK, R.I. Microbial characteristics of quality soil. *J. Soil Water Conserv.*, 50:243-248, 1995.
- KLIRONOMOS, J.N.; MOUTOGOLIS, P.; KENDRICK, B.; WIDDEN, P. A comparison of spatial heterogeneity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in two maple-forest soils. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.71, p.1472-1480, 1993.
- LARSON, W.E.; & PIERSE, F.J. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. 175-203. In: **Evaluation of sustainable management in the developing world**. Vol 2. IBSRAM Proc. 121(2). Thailand Int. Board for Soil Res. And Management. Bangkok, Thailand.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:821-832, 2003.

LEONARDO, H.C.L. Indicadores de qualidade do solo e água para avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo Cue, região oeste do Estado do Paraná. Piracicaba, 2003. 121p. il: **(Dissertação Mestrado)**.

LIMA, C.L.R.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S. & SILVA, J.B. Estabilidade de agregados de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**. 27:199-205, 2003.

LINN, D.M., DORAN, J.W. **Aerobic and anaerobic microbial populations in no-till and plowed soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., v. 48, p. 794-799. 1984.

LONGO, R.M. & ESPÍNDOLA, C.R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de Cerrado e floresta Amazônica. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:723-729, 2000.

MACÊDO, T.S. de; ABREU, S.L. de; COSTA, R.S.C. da; SAMPAIO, F.A.R. & MILESKI, L.M. População de micorrizas arbusculares em agrossistemas da Amazônia Ocidental. In: XXVI REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS; X REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS; VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO; V REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO. 2004, Lages, SC. Resumos..., Lages, SC, 2004. Seção trabalhos voluntários. CD-ROM.

MACHADO, T.A.; SOUZA, O.M.P. & BRUM, A.C.R. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 5: 187-189, 1981.

MAMEDE, M.C.H.; CORDEIRO, I.; ROSSI, L. Liata das espécies vasculares da Serra da Juréia, Estação ecológica Juréia-Itatins, Município de Iguape, São Paulo, Brasil. Disponível na Internet via [www.ibot.sp.gov.br/pesquisa/jureia/mata.htm](http://www.ibot.sp.gov.br/pesquisa/jureia/mata.htm)  
Acesso em 05/04/2003.

MARCHIORI JÚNIOR, M. & MELO, W.J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividades enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:257-263, 1999.

MANSON, P.A.; MUSOKO, M.O.; LAST, F.T. Short-term changes in vesicular-arbuscular mycorrhizal spore populations in *Terminalia* Plantations in Cameroon. In: READ, D.J.; LEWIS, D.H.; FITTER, A.H.; ALEXANDER, I.J. (eds). **Mycorrhizas in ecosystems**, p.261-267, 1992.

MEDRI, I.M.; LOPES, J. Scarabaeidae (Coleoptera) do Parque Estadual Mata dos Godoy e da área de pastagem, no norte do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 18 (supl. 1): 135-141, 2001.

MENDES, I. de C. & VIVALDI, L.A. **Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob Mata de Galeria na região do Distrito Federal**. In: RIBEIRO, J.F.;

FONSECA, C.E.L.da & SOUZA-SILVA, J.C. Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina-DF,2001. p. 665-687.

MENDONÇA, E.S. & ROWELL, D.L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um Latossolo argiloso sob cerrado e soja. **R. Bras. Ci. Solo**, 18:295-303, 1994.

MENDONZA, H.N.S.; LIMA, E.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, L.A.; CEDDIA, M.B. & ANTUNES, M.V.M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:201-207, 2000.

MEURER, E.J. Fundamentos de química do solo. Porto Alegre: Genesis, 2000. 174p.:il.

MILLER, W.P., BAHARUDDIN, M.K. Relationship of soil dispersibility to infiltration and erosion of southeastern soils. **Soil Sci.**, v. 142, p.235-240. 1986.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Ciência e Tecnologia para a Mata Atlântica: Um programa de cooperação Brasil – Alemanha**. Disponível na INTERNET via: [www.cnpq.br/servicos/editais/ct/anexo1portugue.pdf](http://www.cnpq.br/servicos/editais/ct/anexo1portugue.pdf). Acesso: 05/06/2003.

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

MOREIRA-SOUZA, M.; TRUFEM, S.F.B.; GOMES-DA-COSTA, S.M. & CARDOSO, E.J.B.N. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with Araucária angustifolia (Bert) O.Ktze **Mycorrhiza**, v.13, n.14, p.211-215, 2003.

MUNYANZIZ, E.; KEHRI, H. K.; BAGYARAJ, D. J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 6, p. 77-85, 1997.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 7:95-102, 1983.

NASCIMENTO, G.B. do. Caracterização dos solos e avaliação de propriedades edáficas em ambientes de tabuleiros costeiros da região Norte Fluminense (RJ)/Geovane Barbosa do Nascimento. Rio de Janeiro, UFRRJ, Instituto de agronomia, 2001. 162 p. (**Tese Doutorado**).

NEVES, A.D.S.; LIMA, F.A.M. & MOREIRA, E.G.S. Efeito de coberturas vegetais sobre propriedades físicas de latossolo amarelo (Pará). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., Porto Alegre, 1991. **Resumos**. Porto Alegre, SBCE/UFRRGS, 1991. p.169.

NÚCLEO PINCIGUABA. Arquivo disponível na Internet via <http://www.ubatuba2000.com.br/nucleopinguaba/programatext.htm#MUNICIPIO>. Acesso em 17/06/2003.

PALMEIRA, P.R.T.; PAULETTO, E.A.; TEIXEIRA, C.F.A.; GOMES, A.S. & SILVA, J.B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:189-195, 1999.

PAPENDICK, R.I. & PARR, J.F. Soil quality. The key to a sustainable agriculture. *Am. J. Altern. Agric.* 7:2-3, 1992.

PARR, J.F.; R.I. PAPENDICK; S.B. HORNICK; and M.E. MEYER. 1992. Soil quality attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. *Am. J. Alter. Agric.* 7: 5-11.

POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R.E. DE; CUNHA, G.C. de. Práticas de ecologia florestal. **Documentos Florestais**, n. 16, p.1-44, 1996.

POJASOK, T., KAY, B.D. Assessment of a combination of wet sieving and turbidimetry to characterize the structural stability of moist aggregates. *Can. J. Soil Sci.*, v.70, p. 33-42, 1990.

RABATIN, S.C. & STINER, B.R. 1988. Indirect effects of interactions between VAM fungi and soil inhabiting invertebrates on plant processes. **Agric. Ecosystems and Environment** 24:135-146.

RADAM BRASIL. Projeto Radam Brasil Folhas SF, 23/24. Rio de Janeiro/Vitória. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. V.32. 1983. 780p. (Levantamento de Recursos Naturais).

RAIMUNDO, S. Nos bananais de Ubatuba (SP): dilemas e desafios para a gestão das unidades de conservação de proteção integral com comunidades tradicionais residentes. Dissertação (Mestrado). São Paulo, 2001. 159 p. <http://dedalus.usp.br:4500/ALEPH/POR/USP/USP/DEDALUS/FIND-ACC/2370937>

RAMÍREZ-GERARDO, M.; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, J.; GUADARRAMA, P. & SÁNCHEZ-GALLÉN, I. (1997). Estudio de hongos micorrizógenos arbusculares bajo árboles remanentes em um pastizal tropical. **Bol Soc Bot Mex** 61: 15-20.

REDECKER, D., KODNER, R. & GRAHAM, L.E. (2000). Glomalean fungi from the Ordovician. **Science**, 289, 1920-1921.

REINERT, D.J.; MUTTI, L.S.M.; ZAGO, A.; AZOLIN, M.A.D. /7 HOFFMANN, C.L. Efeito de diferentes métodos de preparo do solo sobre a estabilidade de agregados em solo podzólico vermelho amarelo. *R. Cent. Ci. Rur.*, Santa Maria, 14: 19-25, 1984.

ROVERDDER, A.P.; VENTURINI, S.; SPAGNOLLO, E. & ANTONIOLLI, Z.I. **Colêmbolos como indicadores biológicos em solos areníticos da região sudoeste do Rio Grande do Sul**. Disponível na INTERNET via [www.cemac-ufla.com.br/sinrad/vs\\_anais\\_voluntarios2.asp](http://www.cemac-ufla.com.br/sinrad/vs_anais_voluntarios2.asp). Acesso em 08/06/2003.

REZENDE, J. de O. Conseqüências da aplicação de vinhaça sobre algumas propriedades físicas de um solo Aluvial (estudo de um caso. Piracicaba: ESALQ/USP, 1979. 112P. Tese (Doutorado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade de São Paulo, 1979.

SÁNCHEZ, E.J.G. & VILELA, A.M. Agricultura de conservación, la agricultura del carbono. **Vida Rural**, p.31-33, Setembro/2002.

SAUTER, K.D.; Insetos bioindicadores na recuperação de solos. *Ciência Hoje*, v. 12/n.72, p.20-21, 1991.

SCHENCK, N. C.; PEREZ, Y. **A manual of identification of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi**, 2 ed., University of Florida, Gainesville, Florida, 241p. 1988.

SCHÜßLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105 (12): 1413-1421, 2001.

SHIERLAW, J.; ALSTON, A. M. Effect of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. **Plant and Soil**, Hague, v. 77, p. 15-28, 1984.

SETALA, H.; HAIMI, J. & HUHTA, V. 1988. A microcosm study on the respiration and weight loss in birch litter and raw humus as influenced by soil soil fauna. **Biology and Fertility of Soils**. 5:282-287

SILVA, L.S., CAMARGO, F.AO. & CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: **Fundamentos da Química do Solo**. 2ª. Ed./Egon José Meurer, Editor. Porto Alegre: Gênese, 2004. 290p.: il.

SILVA, L.F. Alterações edáficas em “solos de tabuleiro” (Haplorthoxs) por influência do desmatamento, queima e sistemas de manejo. **R. Theobroma**, 11:5-9, 1981.

SINGÜENZA, C. ESPEJEL, I. & ALLEN, E.B. (1996). Seasonality of mycorrhizae in coastal sand dunes of Baja California. **Mycorrhiza** 6:151-157.

SIQUEIRA, E.R. Avaliação e monitoramento dos remanescentes de Mata Atlântica do nordeste do Brasil. In: **I Encontro de Pesquisa de Mata Atlântica de Sergipe**, 1996. p. 54.

SIQUEIRA, J.O. Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-**arbusculares**: alguns aspectos de relação fungo-planta e absorção de fósforo. In: **Reunião Brasileira sobre Micorrizas**, 4, Mendes, 1991. Programas e resumos... Mendes: EMBRAPA – CNPDS/UFRRJ. 1991.p.105-131.

SIQUEIRA, J.O.; COLLOZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. de. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.12, p. 1499-1506, 1989.

SIQUEIRA, O. J.; SAGGIN JUNIOR, O. J. The importance of mycorrhizae association in natural low-fertility soils. In: MACHADO, A. T.; MAGNAVACA, R.; SILVA, A. F. (Eds). **Proceedings International Symposium on Environmental Stress: Maize in Perspective**. Brazil/México: EMBRAPA/CYMMYT/UNDT, 1995. p. 240-280.

SMITH, K.G.V. An introduction to the immature stages of British flies. Handbooks For the Identification of British Insects, Part 14, vol. 10. **Royal Entomological Society of London**, London, pp. 280. 1989.

SOARES, P. R. B. de & PEREZ FILHO, A. **Recomposição de mata ciliar em planícies de inundação . Proposta metodológica**. Anais do III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, p.14-26, 1997.

SOUZA, L.S. & COGO, N.P. Caracterização física de um solo da Unidade de Mapeamento São Jerônimo (PALEUDULT), sobre três sistemas de cultivo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 2:170-175, 1978.

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: Universidade Federal de Lavras/DCS e DCF, 1996. p. 255-290.

SOUZA, Z.M. & ALVES, M.C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:133-139, 2003.

STERN, R., EISENBERG, B.E., LAKER, M.C. Correlation between microaggregate stability and soil surface susceptibility to runoff and erosion. S. Afric. **J. Plant Soil**, v. 8, p. 136-140, 1991.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry, genesis, composition, reaction**. New York, John Wiley & Sons, 1982. 443p.

STORK, N.E. & EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**. Vol. 7, Numbers 1 and 2, 1992.

STÜRMER, S.L. & BELLEI, M.M. 1994. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the Island of Santa Catarina, Brazil. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.72:359-363., 1994.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwell, 1979. 372p.

SWIFT, M.J.; WOOLMER, P. Organic matter and the sustainability of agricultural systems: Definition and measurement. In: MULONGOY, K., MERCKX, R. (eds.). **Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture**. A Wiley-Sayce Co-Publication, 1993. p. 3-18.

SYLVIA, D.M., JARSTFER, A.G., 1992. Sheared-root inocula of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Appl. Environ. Microbiol.** 58, 229-232.

THEODORO, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N., GUIMARÃES, R.J. & SOUZA, C.A.S. Aterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:1039-1047, 2003.

TISDALL, J. M. & OAEDES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **J. Soil Sci.**, v. 33, p. 141-163, 1982.

TOLEDO, L.O. Aporte de serrapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no município de Pinheiral, RJ. Seropédica, UFRRJ, Instituto de Florestal, 2003, 80p. (**Dissertação de Mestrado**).

TRUFEM, S.B. 1990. Aspectos ecológicos de fungos micorrízicos vesículo arbusculares da mata tropical úmida da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasílica** 4:31-45.

TRUFEM, S.B. 1995. Aspectos ecológicos de fungos micorrízicos arbusculares na rizosfera de plantas de restinga da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 18:51-60.

TRUFEM, S.F.B. & BONONI, V.L.R. Micorrizas vesículo-arbusculares de culturas introduzidas em áreas de cerrados. **Rikia**, v.12, p.165-187, 1985.

USHER, M.B., 1969. Some properties of the aggregations of soil arthropods: collembola. **J. Anim. Ecol.** 38:607-622.

WEBER, O.B. & OLIVEIRA, E. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em citros nos Estados da Bahia e Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.12, p. 1905-1914, 1994.

WRIGHT, D.H., HUHTA, V. & COLEMAN, D.C. 1989. Characteristic of defaunated soil. H. Effects of reinoculation and the role of the mineral component. **Pedobiologia** 33:427-435.

ZECH, Z., SENESI, N., GUGGENBERGER, G., KAISER, K., LEHMANN, J., MIANO, T.M., MILTNER, A., SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in tropics. **Geoderma**, v.79,p.69-116, 1997.

## ANEXOS

<b>ANEXO I – DESCRIÇÃO DO PERFIL DO SOLO.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO II – FAUNA DO SOLO .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabela anexo 1. Número de indivíduos por m<sup>2</sup> e erro padrão ± na área de floresta secundária nas épocas de inverno e verão, nos estratos solo e serrapilheira. ....</b>	<b>77</b>
<b>Tabela anexo 2. Número de indivíduos por m<sup>2</sup> e erro padrão ± na área de capoeira nas épocas de inverno e verão, nos estratos solo e serrapilheira. ....</b>	<b>78</b>
<b>Tabela anexo 3. Número de indivíduos por m<sup>2</sup> e erro padrão ± na área de plantio de banana entremeada à floresta nas épocas de inverno e verão, nos estratos solo e serrapilheira. ....</b>	<b>79</b>
<b>Tabela anexo 4. Número de indivíduos por m<sup>2</sup> e erro padrão ± na área de plantio de mandioca nas épocas de inverno e verão, no solo. ....</b>	<b>80</b>



## ANEXO I - DESCRIÇÃO DO PERFIL DO SOLO

Descrição do Perfil segundo RAIMUNDO (2001):

**Situação de Declive:** Descrito e coletado em trincheira, no terço médio da vertente, altitude de 264 m.

**Litologia:** Migmatitos e granulitos

**Pedregosidade:** Pedregoso

**Rochosidade:** Ligeiramente rochoso.

**Relevo local:** Relevo montanhoso com vertente tendendo à concavidade.

**Vegetação:** Floresta Secundária

AB 0-20 cm: Bruno-escuro (10YR 4/3); serrapilheira na superfície com raízes bem traçadas; areno argiloso, devido à presença de minerais primários numa matriz argilosa; moderada média granular junto à superfície, bem solta (menos úmida e mais macia que no bananal), plástico e pegajoso, grande quantidade de raízes, intensa atividade biológica, maior quantidade de matéria orgânica, transição, a 20 cm, para estrutura subangular.

C 20-30 cm: Bruno-amarelado-cClaro (10YR 6/4); sensível diminuição do enraizamento; matriz argilosa com presença de areia grossa (minerais primários); aumento da umidade, moderada média subangular; raspou trado na rocha, presença de vários segmentos de rocha contíguos ao ponto da tradagem.

R 35 cm: Atingiu a rocha matriz. Entorno com matacões.

## ANEXO II – FAUNA DO SOLO

**Tabela anexo 1.** Número de indivíduos por m<sup>2</sup> e erro padrão ± na área de floresta secundária nas épocas de inverno e verão, nos estratos solo e serrapilheira.

Grupos	(FS) (I) (SO)		(FS) (I) (SE)		(FS) (V) (SO)		(FS) (V) (SE)	
	Ind/m2	Erro	Ind/m2	Erro	Ind/m2	Erro	Ind/m2	Erro
Diptera	25,6	8,2	9,6	6,4	16,0	5,1	9,6	3,9
Hemiptera	3,2	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Homoptera	12,8	9,3	0,0	0,0	19,2	7,8	16,0	10,1
Coleoptera	297,6	106,1	51,2	13,8	28,8	10,6	48,0	16,8
Thysanoptera	9,6	6,4	0,0	0,0	3,2	3,2	16,0	16,0
Isopoda	35,2	23,9	9,6	6,4	0,0	0,0	32,0	7,2
Diplopoda	6,4	3,9	19,2	12,8	3,2	3,2	0,0	0,0
Blattodea	9,6	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	3,2
Symphyla	19,2	9,3	6,4	3,9	0,0	0,0	12,8	6,0
Aranae	25,6	13,0	6,4	6,4	6,4	3,9	9,6	3,9
Pseudoscorpionidae	3,2	3,2	0,0	0,0	9,6	6,4	3,2	3,2
Opilionidae	6,4	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L. de Diptera	19,2	9,3	12,8	9,3	22,4	14,8	6,4	6,4
L. de Coleoptera	48,0	22,1	28,8	11,8	41,6	34,2	169,6	57,2
L. de Lepidoptera	3,2	3,2	0,0	0,0	3,2	3,2	22,4	22,4
Hymenoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	6,4
Formicidae	217,6	33,4	124,8	35,6	1094,4	854,5	342,4	125,6
Isoptera	105,6	36,3	41,6	14,8	3,2	3,2	3,2	3,2
Collembola	6,4	6,4	6,4	3,9	3,2	3,2	16,0	16,0
Chilopoda	12,8	12,8	0,0	0,0	3,2	3,2	9,6	9,6
<b>Total</b>	<b>867,2</b>	<b>173,5</b>	<b>316,8</b>	<b>78,1</b>	<b>1257,6</b>	<b>872,3</b>	<b>726,4</b>	<b>202,2</b>
Floresta secundária (FS); Inverno (I); Verão (V); Solo (SO); Serrapilheira (SE)								

**Tabela anexo 2.** Número de indivíduos por m<sup>2</sup> e erro padrão ± na área de capoeira nas épocas de inverno e verão, nos estratos solo e serrapilheira.

Grupos	(CA) (I) (SO)		(CA) (I) (SE)		(CA) (V) (SO)		(CA) (V) (SE)	
	Ind/m2	Erro	Ind/m2	Erro	Ind/m2	Erro	Ind/m2	Erro
Diptera	9,6	6,4	12,8	12,8	12,8	6,0	41,6	28,4
Hemiptera	3,2	3,2	19,2	15,5	22,4	15,7	16,0	7,2
Homoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	25,6	13,0	28,8	19,2
Tricoptera	0,0	0,0	9,6	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Coleoptera	57,6	10,9	115,2	32,9	60,8	19,9	124,8	39,3
Thysanoptera	3,2	3,2	38,4	31,0	6,4	3,9	57,6	46,0
Orthoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	3,2
Isopoda	8,0	4,1	12,8	12,8	35,2	17,8	32,0	20,2
Diplopoda	12,8	6,0	9,6	6,4	6,4	6,4	9,6	9,6
Symphyla	3,2	3,2	3,2	3,2	0,0	0,0	3,2	3,2
Dermaptera	0,0	0,0	3,2	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Aranae	3,2	3,2	9,6	9,6	3,2	3,2	16,0	7,2
Pseudoscorpionidae	6,4	3,9	6,4	3,9	0,0	0,0	3,2	3,2
Opilionidae	3,2	3,2	3,2	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
L. de Diptera	9,6	9,6	0,0	0,0	19,2	9,3	121,6	121,6
L. de Coleoptera	12,8	6,0	38,4	16,5	16,0	5,1	73,6	30,2
L. de Lepidoptera	0,0	0,0	6,4	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Hymenoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	7,8	9,6	9,6
Formicidae	208,0	136,9	182,4	98,7	470,4	137,6	393,6	110,8
Isoptera	22,4	8,2	144,0	89,5	6,4	3,9	0,0	0,0
Collembola	0,0	0,0	6,4	6,4	0,0	0,0	32,0	22,1
Neuroptera	0,0	0,0	9,6	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Chilopoda	0,0	0,0	6,4	3,9	3,2	3,2	0,0	0,0
Total	361,6	151,9	636,8	190,3	700,8	149,6	966,4	217,2
Capoeira (CA); Inverno (I); Verão (V); Solo (SO); Serrapilheira (SE)								

**Tabela anexo 3.** Número de indivíduos por m<sup>2</sup> e erro padrão  $\pm$  na área de plantio de banana entremeada à floresta nas épocas de inverno e verão, nos estratos solo e serrapilheira.

Grupos	(BA) (I) (SO)		(BA) (I) (SE)		(BA) (V) (SO)		(BA) (V) (SE)	
	Ind/m2	Erro	Ind/m2	Erro	Ind/m2	Erro	Ind/m2	Erro
Diptera	19,2	9,3	19,2	11,8	6,4	6,4	12,8	7,8
Hemiptera	3,2	3,2	3,2	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Homoptera	3,2	3,2	3,2	3,2	28,8	12,8	6,4	6,4
Coleoptera	35,2	13,8	80,0	28,6	16,0	8,8	25,6	16,5
Thysanoptera	0,0	0,0	6,4	6,4	9,6	9,6	0,0	0,0
Orthoptera	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	3,2	0,0	0,0
Isopoda	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	6,4	28,8	12,8
Diplopoda	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Symphyla	3,2	3,2	32,0	8,8	3,2	3,2	3,2	3,2
Aranae	3,2	3,2	19,2	15,5	6,4	3,9	6,4	6,4
Pseudoscorpionidae	6,4	6,4	9,6	9,6	0,0	0,0	9,6	6,4
Opilionidae	0,0	0,0	6,4	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0
L. de Diptera	6,4	3,9	19,2	19,2	0,0	0,0	19,2	12,8
L. Coleoptera	6,4	6,4	51,2	26,0	16,0	8,8	102,4	62,9
L. de Lepidoptera	22,4	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hymenoptera	0,0	0,0	6,4	6,4	0,0	0,0	9,6	6,4
Formicidae	140,8	95,4	288,0	122,2	432,0	270,7	224,0	119,5
Isopetra	80,0	38,9	227,2	140,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Collembola	19,2	12,8	19,2	12,8	6,4	6,4	3,2	3,2
Chilopoda	0,0	0,0	3,2	3,2	3,2	3,2	0,0	0,0
Protura	3,2	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	355,2	123,6	796,8	278,8	540,8	290,4	454,4	226,0
Banana (BA); Inverno (I); Verão (V); Solo (SO); Serrapilheira (SE)								

**Tabela anexo 4.** Número de indivíduos por m<sup>2</sup> e erro padrão ± na área de plantio de mandioca nas épocas de inverno e verão, no solo.

Grupos	(MA) (I) (SO)		(MA) (V) (SO)	
	Ind/m2	Erro	Ind/m2	Erro
Diptera	19,2	9,3	22,4	8,2
Hemiptera	3,2	3,2	3,2	3,2
Homoptera	6,4	3,9	9,6	6,4
Lepidoptera	3,2	3,2	0,0	0,0
Coleoptera	16,0	10,1	41,6	29,8
Orthoptera	0,0	0,0	3,2	3,2
Isopoda	3,2	3,2	9,6	6,4
Blattodea	3,2	3,2	3,2	3,2
Symphyla	3,2	3,2	0,0	0,0
Aranae	0,0	0,0	6,4	6,4
Opilionidae	3,2	3,2	0,0	0,0
L. de Diptera	44,8	44,8	0,0	0,0
L. Coleoptera	6,4	3,9	28,8	25,0
Hymenoptera	0,0	0,0	9,6	6,4
Formicidae	54,4	54,4	256,0	59,2
Isopetra	6,4	3,9	0,0	0,0
Collembola	12,8	7,8	9,6	3,9
Chilopoda	3,2	3,2	0,0	0,0
Total	188,8	118,6	403,2	38,7
Mandioca (MA); Inverno (I); Verão (V); Solo (SO)				