

UFRRJ

INSTITUTO DE FLORESTAS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

DISSERTAÇÃO

**Atributos Indicadores da Dinâmica Sucessional em
Fragmento de Mata Atlântica na Região do Médio
Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, Rio de Janeiro**

DEIVID LOPES MACHADO

2011



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

**ATRIBUTOS INDICADORES DA DINÂMICA SUCESSIONAL EM
FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA NA REGIÃO DO MÉDIO VALE
DO PARAÍBA DO SUL, PINHEIRAL, RIO DE JANEIRO**

DEIVID LOPES MACHADO

Sob a orientação do Professor

Marcos Gervasio Pereira

e

Co-orientação da Pesquisadora

Maria Elizabeth Fernandes Correia

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

Seropédica, RJ
Março de 2011.

631.4170981

M149a

T

Machado, Deivid Lopes, 1984-

Atributos indicadores da dinâmica sucessional em fragmento de Mata Atlântica na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, Rio de Janeiro/ Deivid Lopes Machado – 2011.

103 f. : il.

Orientador: Marcos Gervasio Pereira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Inclui bibliografias

1. Humus – Mata Atlântica – Teses. 2. Ecologia das florestas tropicais – Pinheiral (RJ) - Teses. 3. Solos – Matéria orgânica – Pinheiral (RJ) – Teses. 4. Serrapilheira – Mata Atlântica – Teses. I. Pereira, Marcos Gervasio, 1965-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Tese, desde que seja citada a fonte.

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

DEIVID LOPES MACHADO

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

DISSERTAÇÃO APROVADA EM:18/03/2011.

Marcos Gervasio Pereira. Prof. Dr.UFRRJ
(Orientador)

Ademir Fontana. Dr.Embrapa Solos

Luiz Fernando Duarte de Moraes. Dr.Embrapa Agrobiologia

*Aos meus pais Jesuel e Nelzira
Às minhas irmãs Estefani, Débora e Ingrid
Aos meus sobrinhos
À minha família e amigos
Com amor do tamanho do universo*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela dádiva da vida e por ter me abençoado com uma família maravilhosa e com amigos maravilhosos.

Aos meus amados pais Jesuel e Nelzira pela vida, pelo amor incondicional, pela confiança, pelas broncas e chineladas, e por sempre acreditarem em mim.

Às minhas amadas irmãs Estefani, Débora, Ingrid e aos meus amados sobrinhos André, Ana Clara, Matheus, Pedro, Gabriel e aos que ainda virão...risos.

Aos meus cunhados Flávio, Luciano e Wesley (Lelo) pelo companheirismo e amizade.

Ao meu orientador Dr. Marcos Gervasio Pereira pela oportunidade em desenvolver este trabalho. O meu muito obrigado pela orientação, pelos ensinamentos, pela amizade, pelo companheirismo, pela grande paciência, pelos puxões de orelha (que não foram poucos), e pelos muitos e muitos conselhos.

À minha orientadora Dra. Maria Elizabeth Fernandes Correia, o meu muito obrigado pela orientação, pela amizade, pelo carinho, pelos valiosíssimos conselhos e por sempre acreditar em mim.

Ao diretor do IFRJ “Câmpus Pinheral” Carlos Eduardo Gabriel Menezes pela logística nos trabalhos de campo, pelo sempre entusiasmo em ajudar, pela amizade, pelos conselhos, pelos saborosos almoços e pelas piadas (sempre engraçadas).

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais pela oportunidade em cursar o mestrado e pela bolsa concedida.

Ao Prof. Dr. Roberto Carlos Costa Lelis coordenador do Programa em Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais e as secretárias Solange, Lenice e Patrícia, obrigado pela sempre disposição em ajudar.

Aos professores da Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais e da Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo pelos ensinamentos.

À FAPERJ pelo auxílio financeiro através do Projeto “Dinâmica de Fragmentos Florestais da Região do Médio Vale do Paraíba do Sul”.

À pesquisadora Dra. Janaína da Embrapa Agrobiologia pela sempre disposição em auxiliar nas análises estatísticas.

À Maria Helena pelas análises de granulometria e pelos abraços sempre apertados, demonstrando sempre muito carinho.

Ao Roberto do laboratório de fauna do solo da Embrapa Agrobiologia pelas dicas e ajuda em identificar a fauna edáfica.

Aos secretários do departamento de solos Cristiane, Roberto, Marquinhos, Renata, Luciene e Wagner, pelo carinho e amizade.

Ao Anderson Ribeiro Diniz companheiro de graduação, de mestrado, de república e de trabalho, valeu por ter me aturado todos esses anos de convivência (sei que não foi fácil...risos).

À Lauana Lopes dos Santos pela ajuda nas muitas análises de solo e pela grande amizade (muitas saudades das histórias da Lauana).

Ao Guilherme Henrique Almeida Pereira, pela ajuda no trabalho de campo, pelo carinho e amizade.

Aos velhos e sempre amigos que mesmo não estando presentes sempre farão parte da minha vida: Ádima, Bruno, Karla, Tattiane, Gabryella, Geângelo e Samoel, saudades sempre.

Aos casais de amigos, muito especiais, Arcângelo e Michele, Fernando e Renata, Rodrigo e Itaynara, Wardsson e Keila, muito obrigado pela amizade e pelo grande carinho.

À Thaís Andrade Corrêa Neto pelo carinho, amizade e longas conversas madrugadas a fora.

Aos muitos amigos e companheiros da minha segunda casa o Laboratório de Gênese e Classificação do Solo: galera das antigas (Arcângelo, Ademir, Adierison, Celeste, Cristiane, Daniela, Edilene, Fernando, Itaynara, Lauana, Paula, Rafael, Rômulo, Sidinei, Thiago, Thaís e Wanderson) e a nova geração (André, Daniel, Dyuliano, Elias, Guilherme Henrique, Hugo, Luis Otávio, Júlio César, Rafael, Shirlei e Wanderlei).

Aos amigos do Laboratório de Fauna do Solo da Embrapa Agrobiologia, pela ajuda na identificação dos grupos da fauna e pelos saborosos cafezinhos com biscoitinhos: Miriam, Roberto, Fernanda, Daiana, Sandra, Cláudia e Rafael (galera muito massa).

Aos colegas da pós da floresta (Anderson, Keila, Alexandre, Bruna, Denivam, Lorena, Karine, Kelly, Renata e Ursula) e da pós dos solos (Itaynara, Camila, Willian, Eloísa, Ana Paula, Juliana, Cássia, Marcus e Rafaela), pela companhia e pela troca de conhecimentos nas muitas aulas.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela acolhida, pela formação, pelos amigos, pelos momentos inesquecíveis. Só quem estuda e estudou nessa universidade sabe do que estou falando.

A todos os colegas e amigos, que de certa forma contribuíram para a realização deste trabalho, e que acreditaram em mim.

A todos vocês fica o meu sincero agradecimento e a certeza que...

*Amigo é coisa pra se guardar
Debaixo de sete chaves
Dentro do coração
Assim falava a canção
Que na América ouvi
Mas quem cantava chorou
Ao ver seu amigo partir
E quem ficou, no pensamento voou
Com seu canto que o outro lembrou
E quem voou, no pensamento ficou
Com a lembrança que o outro cantou
Amigo é coisa pra se guardar
No lado esquerdo do peito
Mesmo que o tempo e a distância digam não
Mesmo esquecendo a canção
E o que importa é ouvir
A voz que vem do coração
Pois seja o que vier
Venha o que vier
Qualquer dia, amigo
Eu volto, pra te encontrar
Qualquer dia, amigo
A gente vai se encontrar.*

Autor: (Milton Nascimento, Fernando Brant).

Muito Obrigado.

BIOGRAFIA

Deivid Lopes Machado, filho de Jesuel Lopes Machado e Nelzira Schmidt Machado, nasceu no dia 08 de Dezembro de 1984 na cidade de Linhares, Estado do Espírito Santo. Ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro no dia 12 de Abril de 2004, no curso de Engenharia Florestal, sendo graduado Engenheiro Florestal em Dezembro de 2008. Foi monitor da disciplina Zoologia Geral durante os anos de 2005, 2006 e 2007. Também foi bolsista de iniciação científica nos anos de 2007 e 2008, sob a orientação do Prof. Dr. Marcos Gervasio Pereira, no Laboratório de Gênese e Classificação do Solo (LGCS). Em março de 2009 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração em Conservação da Natureza.

RESUMO GERAL

MACHADO, Deivid Lopes. **Atributos Indicadores da Dinâmica Sucessional em Fragmento de Mata Atlântica na Região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, Rio de Janeiro.** 2011. 103p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2011.

Com o objetivo de eleger parâmetros ecológicos que possam ser utilizados como atributos indicadores para identificar alterações na qualidade do ambiente em função do estágio sucessional foi selecionado um fragmento de Mata Atlântica localizado no município de Pinheiral, Rio de Janeiro. Baseado na resolução CONAMA 006/1994, a vegetação do fragmento florestal foi classificada em: floresta em estágio inicial de sucessão (FEI), floresta em estágio médio de sucessão (FEM) e floresta em estágio avançado de sucessão (FEA). O fragmento está localizado entre as latitudes de 22°29'03" e 22°35'27" S, e entre as longitudes de 43°54'49" e 44°04'05" W, em uma altitude média de 420 m. Os parâmetros ecológicos utilizados neste estudo foram aqueles relacionados à dinâmica da ciclagem de nutrientes, como serapilheira, fauna edáfica e matéria orgânica. Para tanto, em cada estágio sucessional foi demarcada uma parcela de 400 m², sendo nos limites dessa parcela realizadas as amostragens. No Capítulo I, os objetivos foram: estimar a produção anual e sazonal da serapilheira e o aporte de nutrientes pela serapilheira; verificar a contribuição de cada fração no aporte total; estimar a taxa de decomposição do material foliar, e; estimar o estoque da serapilheira, total e por classes de tamanho. No Capítulo II, objetivou-se avaliar o efeito dos diferentes estágios sucessionais sobre a atividade, diversidade e composição da fauna do solo nos meses de março e agosto. No Capítulo III, os objetivos foram caracterizar os atributos químicos, a matéria orgânica do solo e estimar os estoques de carbono e nitrogênio. A partir da comparação dos resultados, no conjunto dos parâmetros avaliados, foram evidenciadas diferenças entre os estágios sucessionais da floresta. No Capítulo I, o aporte e estoque de serapilheira e os teores e conteúdos de nutrientes foram estatisticamente superiores na FEA. Na primavera verificou-se a maior contribuição no aporte, e as variáveis ambientais que maior influenciaram na produção anual foram a precipitação e a temperatura. A fração foliar e a $F \geq 8$ mm representaram a maior contribuição relativa dos valores da serapilheira no aporte e estoque, respectivamente. Os teores dos nutrientes N e Ca, oriundos da serapilheira, foram os mais expressivos, destacando-se o N na FEA e o Ca nos FEI e FEM. O tempo de meia vida para a FEA foi de 151 dias, seguido pela FEM 217 dias e FEI 315 dias, observando-se na FEA maiores perdas de material em todas as avaliações realizadas. No Capítulo II, na FEA verificou-se maior atividade média e riqueza de grupos e também a maior atividade dos grupos Acari, Araneae, Diptera, Formicidae, Hymenoptera. Em agosto verificou-se maior efeito da sazonalidade nos atributos da fauna. Os colêmbolos Entomobryomorpha, Poduromorpha e Symphypleona foram os grupos dominantes. No Capítulo III, verificaram-se na FEM maiores teores de nutrientes, principalmente, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Os atributos relacionados à matéria orgânica do solo como o COT, COam, C-FAF e C-FAH apresentaram maiores teores na FEA. Os parâmetros ecológicos avaliados neste estudo podem ser considerados bons indicadores da qualidade do ambiente, pois responderam ao estado de equilíbrio e o bom funcionamento do ecossistema à medida que se avançou o estágio sucessional da floresta.

Palavras-chave: Estádios Sucessionais; Serapilheira; Fauna edáfica; Matéria Orgânica do Solo; Indicadores edáficos; Floresta Estacional Semidecidual.

GENERAL ABSTRACT

MACHADO, Deivid Lopes. **Indicators of Successional Dynamics in a Atlantic Forest Fragment in the Region the Middle Paraíba Valley South, Pinheiral, Rio de Janeiro.** 2011. 103p. Dissertation (Master's in Environmental and Forest Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

In order to choose parameters ecological attributes can be used as indicators to identify changes in environmental quality as a function of successional stage was selected a fragment of Atlantic Forest in the city of Pinheiral, Rio de Janeiro. Based on CONAMA 006/1994 deliberation, forest fragment areas, were classified as: initial stage succession (FIS), medium stage succession forest (FME) and advanced succession stage forest (FAS). The areas are located between latitudes 22°29'03" and 22°35'27" S and between longitudes 43°54'49" and 44°04'05" W, at an average altitude of 420 m. The ecological parameters used in this study were related to the dynamics of nutrient cycling, such as: litter input, soil fauna and organic matter. For that, at each stage of succession was demarcated one plot measuring 400 m², within the limits of each plot samples were collected. In the Chapter I, the objectives were: estimating the annual and seasonal production of litter input, and nutrient input from litter, verify the contribution of each fraction in the total input, estimating the rate of decomposition of leaf material, and, estimating the total stock of litter and by size classes. In the Chapter II, was evaluating the effect of different successional stages of the activity, diversity and composition of soil fauna in two months of the year. The Chapter III objectives were to characterize the fertility and soil organic matter, and, to estimate carbon and nitrogen stocks. In the Chapter I, the input and stock of litter, and levels and amounts of the nutrients were statistically higher in the FEA. In the spring there was a major contribution to input, and annual precipitation and temperature were the environmental variables that most influences one. The leaf fraction and $F \geq 8$ mm, respectively, accounted for the largest relative contribution of the values of the litter input and stock. The litter input was the main route of transfer of N, Ca and K to the soil, especially the N in the advanced stages and Ca in the initial and medium stages. The half-life for the FEA was 151 days, followed by FEI and FEM 217 days and 315 days respectively, observing higher losses of material throughout the study period in the FEA. In the Chapter II the FEA showed higher average activity and wealth groups, and also the most active groups of Acari, Araneae, Diptera, Formicidae, Hymenoptera. In August probably due to higher rainfall, there was the greater effect of seasonality on the attributes of the fauna. The springtails Entomobryomorpha, Poduromorpha and Symphypleona were the dominant groups. In the Chapter III, were in the FEM best levels of nutrients, mainly in the 0-10 and 10-20 cm. The attributes related to soil organic matter such as COT, COam, C-FAH and C-FAF showed higher values in the FEA. The ecological parameters evaluated in this study can be considered good indicators of environmental quality, because it responded to the state of balance and proper functioning of the ecosystem as they advanced the successional stages of forest.

Key words: Successional stages; litter; edaphic fauna; soil organic matter; edaphic indicators; seasonal tropic forest.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Variáveis climáticas durante o período de estudo (Abril de 2009 a Março de 2010), Pinheiral, RJ.	9
Tabela 2. Famílias e espécies botânicas, amostradas na Floresta estágio inicial (FEI), Pinheiral, RJ.	13
Tabela 3. Famílias e espécies botânicas, amostradas na Floresta estágio médio (FEM), Pinheiral, RJ.	14
Tabela 4. Famílias e espécies botânicas, amostradas na Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ.	16
Tabela 5. Produção mensal de serapilheira* (Mg ha^{-1}) nas áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.	29
Tabela 6. Produção de serapilheira em Florestas Estacionais Semidecíduas do Brasil.	30
Tabela 7. Coeficiente de correlação de Pearson (r) e nível de significância (p) entre a serapilheira depositada e as variáveis climáticas, durante o período estudado, Pinheiral, RJ.	33
Tabela 8. Teor de macronutrientes* (g kg^{-1}) da serapilheira nas áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.	36
Tabela 9. Conteúdo de macronutrientes* (kg ha^{-1}) da serapilheira nas áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.	38
Tabela 10. Estoque total de serapilheira* (Mg ha^{-1}) e das diferentes frações, Pinheiral, RJ.	40
Tabela 11. Conteúdo de carbono e macronutrientes* (kg ha^{-1}) das diferentes frações da serapilheira acumulada, Pinheiral, RJ.	43
Tabela 12. Percentual* de massa remanescente da fração foliar nos intervalos de dias, Pinheiral, RJ.	44
Tabela 13. Valores da constante de decomposição (K), tempo de meia vida ($t^{1/2}$), coeficiente de determinação (R^2) e probabilidade (P), Pinheiral, RJ.	45
Tabela 14. Atividade dos grupos taxonômicos* ($\text{ind arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) em abril de 2009, nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.	60
Tabela 15. Atividade dos grupos taxonômicos* ($\text{ind arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) em agosto de 2009, nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.	61
Tabela 16. Atividade dos grupos taxonômicos* ($\text{ind arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) nos meses de abril (Abr) e agosto (Ago) de 2009, para os diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.	64
Tabela 17. Atividade* ($\text{ind arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e índices ecológicos* da fauna edáfica nos meses de abril e agosto de 2009, para os diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.	68
Tabela 18. Composição granulométrica do solo (g kg^{-1}) das áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.	85
Tabela 19. Valores* de pH e dos componentes do complexo sortivo das áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.	88
Tabela 20. Valores* de densidade do solo, carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) das áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.	89

Tabela 21. Valores* de carbono orgânico total (COT), carbono das substâncias húmicas (C-SH), carbono da fração humina (C-HUM), carbono da fração ácido húmico (C-FAH) e carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF) das áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ..... 93

Tabela 22. Valores* de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (CO_p) e carbono orgânico associado aos minerais (CO_{am}) das áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ..... 96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Domínio e Remanescentes da Mata Atlântica no Brasil.....	4
Figura 2. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro no ano de 2008.....	5
Figura 3. Fragmentos florestais circundados por uma extensa matriz de pastagem, Pinheiral, RJ.....	6
Figura 4. Localização de Pinheiral no Estado do Rio de Janeiro.	8
Figura 5. Feição morfológica característica do Domínio “Mar de Morros”, Pinheiral, RJ.....	10
Figura 6. Imagem de satélite das áreas de estudo, Pinheiral, RJ.....	11
Figura 7. Vista interna da floresta estágio inicial “FEI”, Pinheiral, RJ.....	12
Figura 8. Vista interna da Floresta estágio médio “FEM”, Pinheiral, RJ.....	14
Figura 9. Vista interna da Floresta estágio avançado “FEA”, Pinheiral, RJ.	15
Figura 10. Coletor cônico utilizado para coleta da serapilheira, Pinheiral, RJ. A - Vista frontal do coletor cônico e B - Vista superior do coletor cônico.	25
Figura 11. Frações da serapilheira (folhas, ramos e material reprodutivo), Pinheiral, RJ. Legenda: FEI - floresta secundária estágio inicial; FEM - floresta secundária estágio médio; FEA - floresta secundária estágio avançado.....	26
Figura 12. Régua demarcando a área amostral para coleta de serapilheira, Pinheiral, RJ.	28
Figura 13. <i>Litter bag</i> instalado sobre o piso florestal para a avaliação da taxa de decomposição do material foliar, Pinheiral, RJ.....	27
Figura 14. Produção média de serapilheira por estação do ano nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Letras minúsculas (comparação entre estações em cada área) e maiúsculas (comparação entre áreas para cada estação) diferentes apontam para diferenças significativas pelo teste t de Bonferroni ($P < 0,05$).	32
Figura 15. Valores percentuais das frações da serapilheira (folha, material reprodutivo, ramo e outro) em relação ao aporte total nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ.	33
Figura 16. Contribuição relativa (%) de cada fração em relação ao estoque total de serapilheira nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ.....	41
Figura 17. Curva de decomposição do material foliar nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ.	46
Figura 18. Precipitação (mm) durante os meses: abril-dezembro (2009) e janeiro-março (2010). Obtida por meio de pluviômetros instalados nas três áreas de estudo (Dados: Anderson Ribeiro Diniz).	57
Figura 19. Armadilha do tipo “ <i>pitfall</i> ” instalada na FEA, Pinheiral - RJ.....	58
Figura 20. Caracterização visual do habitat.	58
Figura 21. Diagrama de ordenação resultante da análise de componentes principais (ACP) dos grupos da fauna edáfica em abril de 2009, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI),	

Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Legenda: Ac:Acari; Ara:Araneae; Au:Auchenorrhyncha; Co:Coleoptera; Dp:Diplopoda; Dip:Diptera; En:Entomobryomorpha; Fo:Formicidae; Ga:Gastropoda; He:Heteroptera; Hy:Hymenoptera; Is:Isopoda; Ip:Isoptera; Lc:Larvas de Coleoptera; Ld:Larvas de Diptera; Ll:Larvas de Lepidoptera; Or:Orthoptera; Po:Poduromorpha; Sy:Symphypleona; Th:Thysanoptera. 66

Figura 22. Diagrama de ordenação resultante da análise de componentes principais (ACP) dos grupos da fauna edáfica em agosto de 2009, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Legenda: Ac:Acari; Ara:Araneae; Ar:Archaeognatha; Au:Auchenorrhyncha; Ba:Blattodea; Ch:Chilopoda; Co:Coleoptera; Dp:Diplopoda; Dip:Diptera; Em:Embioptera; En:Entomobryomorpha; Fo:Formicidae; He:Heteroptera; Hy:Hymenoptera; Is:Isopoda; Lc:Larvas de Coleoptera; Ld:Larvas de Diptera; Ll:Larvas de Lepidoptera; Ne: Neuroptera; Op:Opilionida; Or:Orthoptera; Po:Poduromorpha; Pe:Pseudoscorpionida; Pso:Psocoptera; St:Sternorrhyncha; Sy:Symphypleona; Th:Thysanoptera; Tu:Thysanura..... 67

Figura 23. Distribuição relativa (%) dos 10 grupos da fauna edáfica com maior atividade (ind arm⁻¹ dia⁻¹) em abril de 2009, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. 71

Figura 24. Distribuição relativa (%) dos 10 grupos da fauna edáfica com maior atividade (ind arm⁻¹ dia⁻¹) em agosto de 2009, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. 72

Figura 25. Perfis do solo (Cambissolo Háplico) sob as áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA)..... 82

Figura 26. Estoque de carbono (Mg ha⁻¹) nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Valores com letras diferentes entre áreas para cada profundidade diferem entre si (P<0,05), pelo teste t de Boferroni; ns: não significativo. Coeficiente de variação (CV%): 0-10 cm = 17; 10-20 cm= 29. 91

Figura 27. Estoque de nitrogênio (Mg ha⁻¹), nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Valores com letras diferentes entre áreas para cada profundidade diferem entre si (P<0,05), pelo teste t de Boferroni; ns: não significativo. Coeficiente de variação (CV%): 0-10 cm = 18 ; 10-20 cm = 43. 92

Figura 28. Distribuição relativa (%) das substâncias húmicas em relação ao carbono orgânico total (COT) nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Legenda: C-HUM: carbono da fração húmica; C-FAH: carbono da fração ácido húmico; C-FAF: carbono da fração ácido fúlvico.95

Figura 29. Diagrama de ordenação resultante da análise de componentes principais (ACP) dos atributos químicos e físicos avaliados, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Legenda: FAF: carbono da fração ácido fúlvico; FAH: carbono da fração ácido húmico; HUM: carbono da fração húmica. 98

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Mata Atlântica: Histórico de Ocupação e Uso das Terras.....	3
2.2. Sucessão Ecológica e Indicadores Ecológicos	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Localização	8
3.2. Caracterização das Áreas de Estudo	8
3.2.1. Clima	8
3.2.2. Geomorfologia.....	9
3.2.3. Relevo.....	10
3.2.4. Solos	10
3.2.5. Vegetação	10
3.3. Definição das Áreas de Estudo.....	11
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

CAPÍTULO I: Aporte e Estoque de Serapilheira e Decomposição de Material Foliar em Fragmento de Mata Atlântica com Diferentes Estádios Sucessionais, Pinheiral, Rio de Janeiro

RESUMO	20
ABSTRACT	21
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1. Aporte de Serapilheira	25
2.2. Correlações do Aporte com Variáveis Climáticas.....	26
2.3. Aporte de Nutrientes pela Serapilheira.....	26
2.4. Decomposição do Material Foliar	27
2.5. Estoque de Serapilheira e de Nutrientes pela Serapilheira no Solo.....	27
2.6. Análise dos Dados	28
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
3.1. Aporte de Serapilheira	29
3.2. Aporte de Nutrientes pela Serapilheira.....	35
3.3. Estoque de Serapilheira e de Nutrientes na Serapilheira do Solo.....	39
3.4. Decomposição do Material Foliar	44
4. CONCLUSÕES	47
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

CAPÍTULO II: Fauna Edáfica em Fragmento de Mata Atlântica com Diferentes Estádios Sucessionais, Pinheiral, Rio de Janeiro

RESUMO	52
ABSTRACT	53
1. INTRODUÇÃO.....	55
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1. Caracterização da Comunidade da Fauna Edáfica	57
2.2. Índices Ecológicos	59
2.3. Análise dos Dados	59
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
3.1. Composição Total e Estrutura da Comunidade da Fauna Edáfica	60
3.2. Índices Ecológicos	68

4. CONCLUSÕES	73
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

CAPÍTULO III: Atributos Químicos, Estoque de Carbono e Caracterização da Matéria Orgânica do Solo em Fragmento de Mata Atlântica com Diferentes Estádios Sucessionais, Pinheiral, Rio de Janeiro	77
RESUMO	78
ABSTRACT	79
1. INTRODUÇÃO	80
2. MATERIAL E MÉTODOS	82
2.1. Coleta e Preparo das Amostras do Solo.....	82
2.2. Composição Granulométrica do Solo.....	82
2.3. Atributos Químicos do Solo	82
2.4. Densidade do Solo	83
2.5. Carbono Orgânico Total do Solo.....	83
2.6. Nitrogênio Total do Solo	83
2.7. Cálculos dos Estoques de Carbono e Nitrogênio do Solo	83
2.8. Fracionamento Químico da Matéria Orgânica do Solo	83
2.9. Fracionamento Granulométrico do Solo.....	84
2.10. Análise dos Dados	84
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
3.1. Composição Granulométrica do Solo.....	85
3.2. Fertilidade do Solo.....	85
3.3. Densidade do Solo, Carbono Orgânico Total e Nitrogênio Total	89
3.4. Estoques de Carbono e Nitrogênio	91
3.5. Fracionamento Químico da Matéria Orgânica do Solo	93
3.6. Fracionamento Granulométrico da Matéria Orgânica do Solo.....	96
3.7. Análise de Componentes Principais	97
4. CONCLUSÕES	99
5. CONCLUSÕES GERAIS	99
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Estado do Rio de Janeiro estima-se que a Mata Atlântica originalmente cobria em torno de 98% de seu território, considerando-se suas diferentes formações florestais (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2002). Atualmente, a cobertura original restringe-se a menos de 20% (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2010), encontrando-se bastante fragmentada e desconectada, representada, em sua quase totalidade, por pequenas manchas florestais dispersas, em áreas de difícil acesso, isoladas e impactadas, circundadas por extensas matrizes de pastagem, capoeiras, monoculturas e áreas urbanas (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2002).

Essa realidade é um problema, pois nos ecossistemas florestais tropicais, principalmente naqueles sobre solos com baixos teores de nutrientes, os aportes e transformações da matéria orgânica são fundamentais para a manutenção ou melhoria das propriedades edáficas e, conseqüentemente, da produtividade primária desses sistemas. Assim, como salientado nos estudos de CENTURION et al. (2001), a retirada da cobertura florestal e a implantação das culturas, aliadas às práticas de manejo inadequadas, podem modificar as propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos, rompendo o equilíbrio dinâmico dos ecossistemas.

Diante desse quadro, em função dos altos níveis de desmatamento, as florestas secundárias vêm se tornando cada vez mais importantes componentes da paisagem tropical, pois apresentam grande potencial para fornecer serviços ambientais, como a preservação da biodiversidade, a manutenção da qualidade da água, a proteção dos solos e a regulação climática.

Neste sentido, diversas pesquisas têm sido realizadas nessas florestas, inclusive aquelas que avaliam a dinâmica da ciclagem dos nutrientes. Nesses estudos, destaca-se o conhecimento do funcionamento do ecossistema sob o ponto de vista de sua manutenção, e o estágio sucessional em que a floresta se encontra. Como observado por MORAES et al. (2008), a ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais é um dos principais fatores que interferem na sucessão secundária após a fase de colonização inicial das espécies vegetais, sendo esse processo intimamente relacionado com a dinâmica de matéria orgânica do solo.

Dentro do estudo de ciclagem de nutrientes, observa-se que atributos como serapilheira, matéria orgânica e organismos da fauna do solo apresentam grande importância. Segundo ARAÚJO et al. (2005), a serapilheira, representada pelo material biológico aportado no solo, principalmente, pela vegetação, constitui-se num componente fundamental na ciclagem dos nutrientes nos solos florestais. BRUN et al. (2001) complementam que esse material representa uma fonte potencial de energia para as espécies consumidoras nesses ecossistemas.

No entanto, a liberação dos nutrientes contidos na serapilheira dependerá da taxa de decomposição e mineralização, sendo esse processo essencialmente biológico em que os organismos invertebrados e microrganismos são os principais agentes da desestruturação física e química que ocorre após a deposição do material na superfície do solo (LAVELLE et al., 1993). Os organismos da fauna do solo atuam diretamente nos processos de fragmentação do material vegetal e indiretamente na estimulação de toda a comunidade microbiana do solo (CORREIA & ANDRADE, 2008).

A matéria orgânica que compõem a serapilheira representa a componente fundamental para a manutenção da qualidade do solo, estando envolvida em diversos processos químicos, físicos e biológicos (VEZZANI et al., 2008). Contudo, desequilíbrios podem provocar a redução do seu conteúdo nos solos, desencadeando processos de degradação (ROSCOE & MACHADO, 2002), afetando assim a fertilidade dos solos e a sustentabilidade dos ecossistemas.

Apesar das diversas pesquisas desenvolvidas em florestas utilizando os parâmetros acima mencionados, poucas são aquelas que avaliam esses atributos em diferentes estádios sucessionais, principalmente os que se encontram em processos de sucessão natural. Em função disso, pesquisadores e professores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em parceria com professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia “Câmpus Pinheiral”, e pesquisadores da Embrapa Agrobiologia, têm desenvolvido estudos desde o ano de 1996 com o objetivo de compreender a dinâmica dos fragmentos secundários de Mata Atlântica na região do Médio Vale do Paraíba do Sul.

A proposta surgiu pelo fato de os fragmentos florestais dessa região, localizados em colinas dissecadas e topos de morros arredondados, fazerem parte do Domínio Morfoclimático “Mar de Morros” e representarem uma área total estimada em 650.000 km², envolvendo as regiões serranas da Bacia do Paraíba do Sul e do Vale do Rio Doce, e regiões adjacentes. Esse domínio, que abrange grande parte da região sudeste do Brasil, também se estende ao sul da Bahia e a borda do Planalto de Maracás, Minas Gerais, assim como todo o corredor de terras baixas sublitorâneas da zona da mata (AB’SABER, 1996).

O município de Pinheiral, localizado na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, apresenta dentro desse contexto uma representatividade de todo esse domínio morfoclimático, possuindo as mesmas características em relação às propriedades edáficas e aos processos de ocupação e usos dos solos (RESENDE & RESENDE, 1996), em que os ciclos econômicos de agricultura e pecuária, que praticados de forma não conservacionista, conduziram ao cenário atual da região, onde se observam ilhas de pequenos fragmentos de florestas secundárias em diferentes estádios sucessionais. Assim, as áreas florestais nessa região podem ser consideradas um laboratório natural para avaliar a dinâmica dos fragmentos, e conseqüentemente contribuir para um diagnóstico ambiental de todo o Domínio Morfoclimático do “Mar de Morros”.

Neste sentido, partindo da hipótese de que diferentes estádios sucessionais de um fragmento de Mata Atlântica apresentam diferentes padrões em relação aos processos relacionados à ciclagem de nutrientes, objetivou-se neste estudo avaliar o aporte e estoque de serapilheira, a fauna edáfica, a fertilidade e a matéria orgânica do solo, como possíveis atributos indicadores para identificar as alterações na qualidade do ambiente em função do estágio sucessional.

Para uma melhor compreensão do texto, os atributos avaliados foram expostos em três capítulos: O capítulo 1 aborda a produção anual e sazonal de serapilheira e o aporte de nutrientes; a contribuição das frações folhas, ramos e material reprodutivo na produção total de serapilheira; a decomposição do material foliar; e o estoque de serapilheira total e por classes de tamanho. O capítulo 2 trata da comunidade da fauna edáfica, onde foi avaliada sua atividade, diversidade e composição; e o capítulo 3 aborda a fertilidade, a caracterização da matéria orgânica e os estoques de carbono e nitrogênio do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Mata Atlântica: Histórico de Ocupação e Uso das Terras

O Bioma Mata Atlântica na época do descobrimento do Brasil cobria uma área de aproximadamente 1 milhão de km², cerca de 15% do território nacional. Formado por um complexo de tipos florestais ao longo da costa Brasileira, abrange a maior parte dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, e parcialmente os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2002).

Pela extensão que ocupa no território brasileiro, a Mata Atlântica apresenta um conjunto de ecossistemas com processos ecológicos interligados. As formações do bioma são as florestas Ombrófila Densa, Ombrófila Mista (mata de araucárias), Estacional Semidecidual e Estacional Decidual e os ecossistemas associados como manguezais, restingas, brejos interioranos, campos de altitude e ilhas costeiras e oceânicas (SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2002). Essa associação explica a vasta biodiversidade para diversos grupos da fauna e da flora, sendo considerado um dos maiores centros de endemismo do país (ROCHA et al., 2003).

Sua localização em solos de boa fertilidade para a agricultura e pecuária, além do elevado número de espécies vegetais com alto valor econômico, favoreceu o seu desmatamento. Há mais de 6.000 anos a Mata Atlântica passava por intervenções dos caçadores e dos agricultores itinerantes (MENEZES, 2008). No entanto, o processo de transformação se iniciou com a chegada dos colonizadores portugueses. O extrativismo teve início com a exploração do pau-brasil, expandindo-se posteriormente para outras madeiras, palmito e xaxim (PEIXOTO et al., 2002).

A grande redução desse Bioma teve como principais causas os ciclos econômicos de desenvolvimento do país como a cana-de-açúcar, o ouro, o café, e também a agricultura de subsistência e a especulação imobiliária (MENEZES, 2008).

Hoje, a Mata Atlântica, um dos biomas mais ricos em diversidade biológica também está entre os biomas mais ameaçados do planeta, considerado um dos cinco mais importantes “*hotspots*” de biodiversidade (MYERS et al., 2000), cuja cobertura remanescente restringe-se a pequenas proporções de sua área original (Figura 1), entre 11,55% e 16% (RIBEIRO et al., 2009).

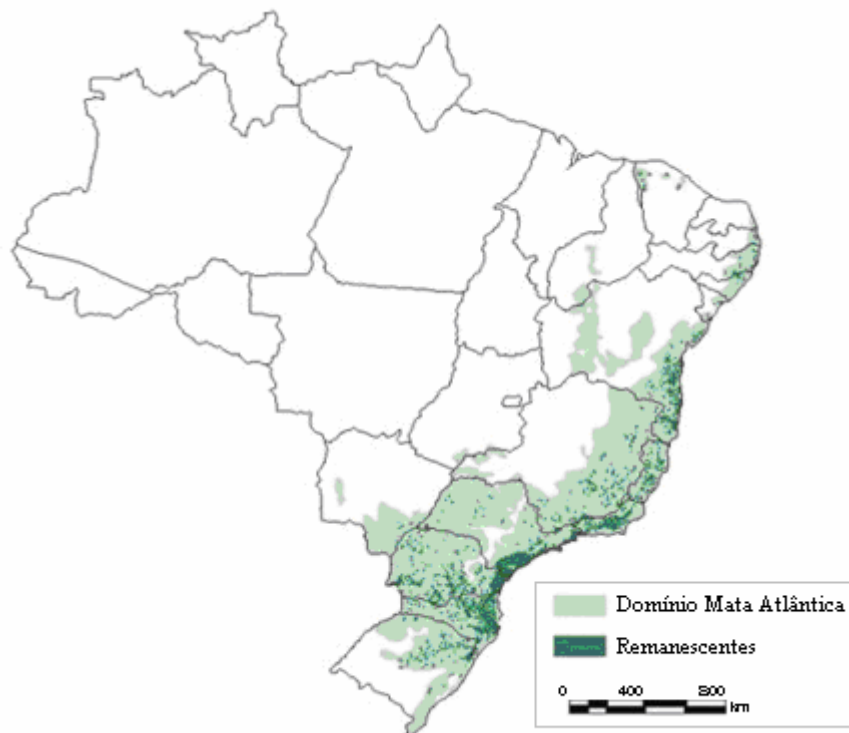


Figura 1. Domínio e Remanescentes da Mata Atlântica no Brasil.

Fonte: http://www.rbma.org.br/anuario/images/mapa_dma_rem.jpg. (Obtida em: Junho 2009).

No estado do Rio de Janeiro estima-se que a Mata Atlântica originalmente cobria em torno de 98% de seu território, considerando-se suas diferentes formações florestais - principalmente Ombrófila Densa, Estacional Semidecidual e Estacional Decidual - e ecossistemas associados, como manguezais, restingas e campos de altitudes (IEF, 2011).

A degradação das florestas no Rio de Janeiro se deu não só pela exploração de produtos florestais, mas principalmente, para ceder espaço à expansão das fronteiras rurais e urbanas. Além dos ciclos econômicos que impulsionaram o desmatamento, esse também foi motivado pela demanda por material lenhoso para fins energéticos para atender as companhias instaladas no estado, como as siderúrgicas de Barra Mansa e Barbará (IEF, 2011).

O contínuo declínio da cafeicultura, a expansão das áreas de pecuária e a aceleração do processo industrial, principalmente a partir da década de 60, determinaram um quadro de êxodo rural e delinearam a paisagem do espaço agrário fluminense. Desta forma, a partir do ano de 1960, a distribuição espacial das florestas já tinha um padrão bastante próximo ao encontrado atualmente (IEF, 2011).

Hoje, a cobertura original do estado do Rio de Janeiro restringe-se a menos de 20%, sendo representada por manchas denominadas fragmentos ou remanescentes florestais (Figura 2). Esses fragmentos, geralmente localizados em áreas de difícil acesso, apresentam-se com diferentes graus de isolamento e perturbação, isolados por extensas matrizes de pastagem, capoeiras, monoculturas e áreas urbanas (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2002).

Esse cenário é preocupante, não só pelo que a cobertura vegetal representa sob o ponto de vista paisagístico, mas também pelas funções ambientais que os ecossistemas associados a esse bioma exercem, como: regulação do ciclo hidrológico, qualidade da água dos mananciais hídricos, incidência de enchentes e inundações, controle da erosão dos solos, assoreamento dos rios e contribuição que pode dar ao clima tanto em escala regional quanto global (MENEZES, 2008).

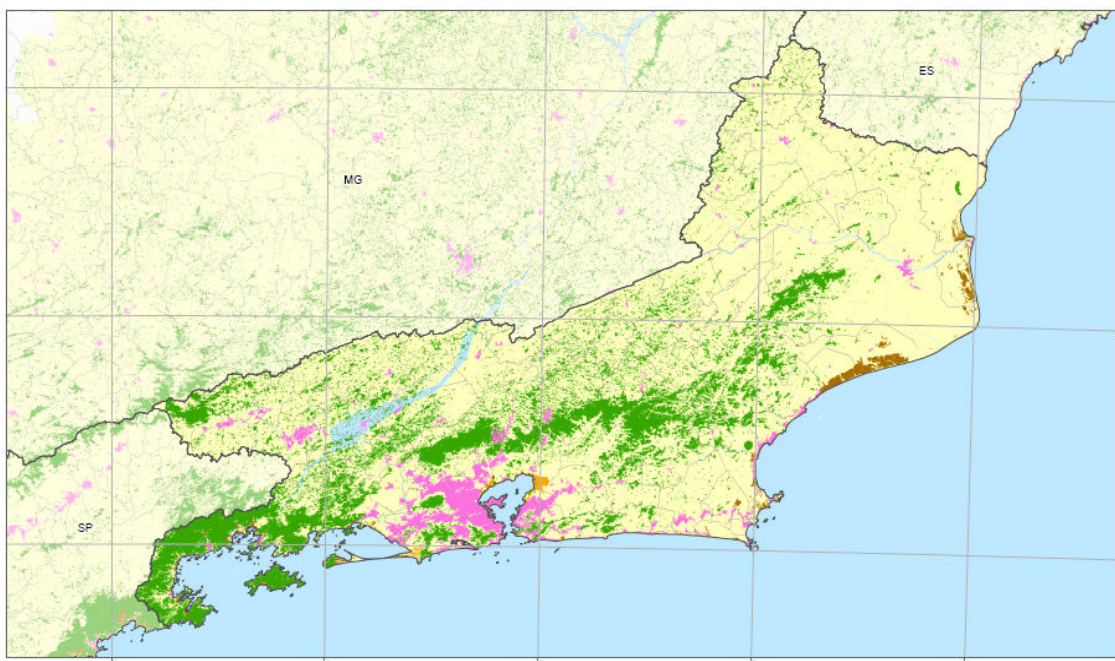


Figura 2. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro no ano de 2008.

Fonte: <http://mapas.sosma.org.br/dados> (Obtida em: Junho de 2009).

Na região do Médio Vale Paraíba do Sul Fluminense, segundo SILVA (2002) a formação florestal da Mata Atlântica representada pela Floresta Estacional Semidecidual foi devastada para ceder lugar também a práticas econômicas. No século XIX, as florestas foram substituídas de forma predatória para o cultivo do café, em um período em que a Bacia do Rio Paraíba do Sul era responsável pela quase totalidade da produção cafeeira do país. Posteriormente, as lavouras de café cederam lugar à criação extensiva de gado e pelas atividades dela decorrentes.

Como consequência dessas atividades as áreas do presente estudo, as quais se localizam no município de Pinheiral, Rio de Janeiro, retratam o histórico de ocupação do Médio Vale do Paraíba do Sul, onde os vários ciclos de agricultura que praticados por ações não conservacionistas conduziram ao cenário atual na região. Nesse se observam ilhas de pequenos fragmentos florestais em meio a áreas extensivas de pastagem e, em menor escala, de agricultura de subsistência (Figura 3).



Figura 3. Fragmentos florestais circundados por uma extensa matriz de pastagem, Pinheiral, RJ.

2.2. Sucessão Ecológica e Indicadores Ecológicos

Em geral, ecossistemas tropicais perturbados possuem alta capacidade de regeneração natural, principalmente se estiverem próximos a fragmentos vizinhos que sirvam como fonte de propágulos (GUARIGUATA & OSTERTAG, 2001). Contudo, se esses fragmentos estiverem muito alterados e se as áreas perturbadas tiverem sido submetidas a um uso intenso, esses fatores podem interferir e dificultar o processo de regeneração. Neste sentido, o estabelecimento das espécies nesses sistemas perturbados dependerá, principalmente, da resiliência do sistema, ou seja, a capacidade de um ecossistema se recuperar de flutuações internas provocadas por distúrbios naturais ou antrópicos (KAGEYAMA & GANDARA, 2003).

A resiliência é medida em unidades de tempo e quanto menos resiliente, mais frágil é o ecossistema e mais sujeito à degradação (KAGEYAMA & GANDARA, 2003). Desse modo, a velocidade de regeneração da floresta tropical depende da intensidade e do tipo da perturbação submetida (SOUZA et al., 2002). Quanto maior a intensidade com que uma área foi utilizada, menor a possibilidade de que uma floresta secundária se regenere a partir de processos naturais (GUARIGUATA & OSTERTAG, 2001).

Embora seja difícil avaliar o quanto um sistema ou comunidade vegetal é resiliente, devido os processos funcionais e interações da floresta tropical serem, em geral, pouco conhecidos particularmente no longo prazo, a capacidade de regeneração de um sistema após impacto pode refletir a resiliência e servir como ferramenta para estabelecer estratégias e prioridades para sua conservação e restauração (SCARANO et al., 1998).

A sucessão ecológica foi considerada por muito tempo, determinística e previsível, partindo da hipótese que ecossistemas florestais são sistemas fechados e estáticos, e não abertos e dinâmicos (LOUMAN et al., 2001). No entanto, as comunidades vegetais após perturbações, passam por processos sucessionais podendo alcançar um equilíbrio estável, denominado clímax. Equilíbrios estáveis são tidos como raros e a sucessão encarada como um processo não determinístico, mas sim estocástico, sendo influenciado por histórias específicas e fatores externos ao ecossistema (PICKETT et al., 1997).

Em função do exposto, há necessidade de interpretar os processos sucessionais como não determinísticos, interpretando-os não apenas pela substituição de espécies ou alterações estruturais como a maioria dos estudos em fases sucessionais, mas principalmente pela sequência de eventos e processos que são necessários para a manutenção do ecossistema, tais como (para ecossistemas florestais): regeneração natural, colonização da área, fechamento do dossel, incremento da riqueza florística (GUARIGUATA & ORSTERTAG, 2001), e também os processos de ciclagem de nutrientes, e as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos.

O uso de indicadores ecológicos tem sido comumente utilizado na avaliação das condições ambientais, e segundo MANOLIADIS (2002) os indicadores representam um valor numérico ou uma categorização descritiva dos dados ambientais, e é frequentemente baseado em informações parciais que refletem o status de grandes sistemas. Contudo, as avaliações através do uso de indicadores ecológicos não devem se concentrar apenas na recuperação visual da paisagem, mas também a reconstrução dos processos ecológicos mantenedores da dinâmica vegetal, de forma que as áreas em processos de restauração sejam sustentáveis no tempo e cumpram seu papel na conservação da biodiversidade remanescente (RODRIGUES & GANDOLFI, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização

O estudo foi realizado no município de Pinheiral, Rio de Janeiro, na região do Médio Paraíba Fluminense, na sub-bacia do Ribeirão Cachimbal, que compõe a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, localizado entre as latitudes 22°29'03'' e 22°35'27''S e entre as longitudes 43°54'49''W e 44°04'05''W, conforme ilustra a Figura 4.

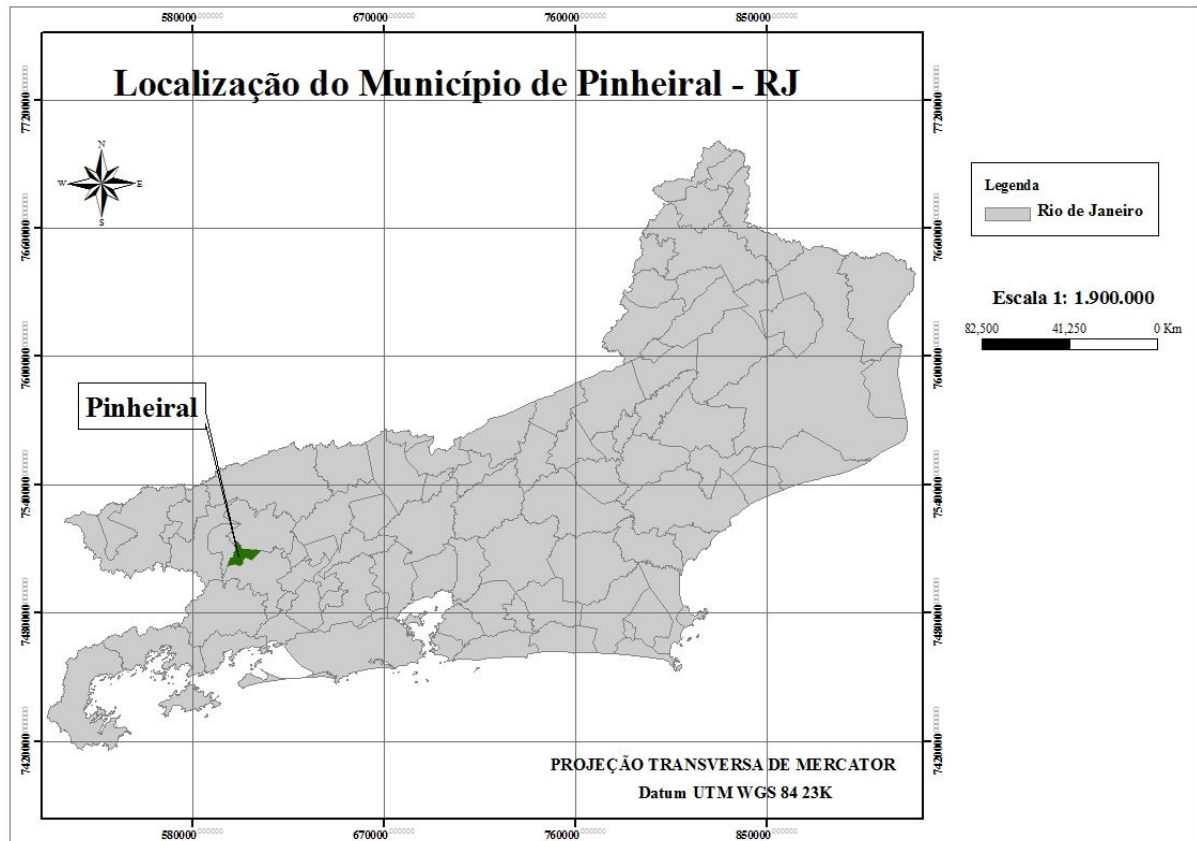


Figura 4. Localização de Pinheiral no Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: CIDE (Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro). (Obtida em: Maio de 2009).

3.2. Caracterização das Áreas de Estudo

3.2.1. Clima

De acordo com a classificação de KÖPPEN (1948), o clima da região foi identificado de duas formas distintas, em Cwa - clima temperado de inverno seco e verão chuvoso, e Am - clima tropical chuvoso com inverno seco (OLIVEIRA, 1998). Dados da antiga Estação meteorológica de Piraí, apresentados por OLIVEIRA (1998), indicam que a região apresenta precipitação anual em torno de 1300 mm e temperatura média anual de 21°C. Os dados das variáveis climáticas, segundo a Estação meteorológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, “Câmpus Pinheiral”, durante o período de estudo, se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis climáticas durante o período de estudo (Abril de 2009 a Março de 2010), Pinheiral, RJ.

Ano	Mês	Temperatura	Umidade relativa	Precipitação	Velocidade dos Ventos
		°C	%	mm	ms ⁻¹
2009	Abril	22,70	96,23	48,51	0,16
2009	Mai	21,20	94,23	55,00	0,16
2009	Junho	16,75	94,50	35,16	0,16
2009	Julho	17,93	95,29	38,34	0,25
2009	Agosto	20,40	82,70	39,32	0,35
2009	Setembro	22,90	83,80	94,35	0,36
2009	Outubro	23,10	87,40	80,40	0,15
2009	Novembro	24,78	80,25	499,00	0,38
2009	Dezembro	23,15	87,68	96,00	0,31
2010	Janeiro	24,75	82,87	318,11	0,34
2010	Fevereiro	25,06	77,79	86,01	0,33
2010	Março	23,45	86,00	239,03	0,17
		$\mu = 22,18$	$\mu = 87,39$	$\Sigma = 1629,23$	$\mu = 0,26$

Fonte: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, “Câmpus Pinheiral”
 Legenda: μ : média, Σ : somatório.

3.2.2. Geomorfologia

O município de Pinheiral está situado na unidade geomorfológica da depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, subdivisão do grande domínio regional das faixas de dobramentos remobilizados, que geograficamente caracteriza praticamente toda a região sudeste do país (AB’SABER, 1996). Nessa depressão, cuja formação se deve a fenômenos tectônicos, o modelado geomorfológico se encontra condicionado a um acentuado controle estrutural que foi esculpido por sucessivas fases erosivas e deposicionais (OLIVEIRA, 1998).

A formação morfo-estrutural é delimitada pelo delineamento estrutural no sentido Sudoeste-Nordeste, que é comum em toda a região. Essa formação explica o relevo acidentado que caracteriza a feição geomorfológica conhecida como “mar de morros” (AB’SABER, 1997) (Figura 5), sendo a formação de diversos vales estruturais, que conformam uma rede de drenagem diversificada (OLIVEIRA, 1998).



Figura 5. Feição morfológica característica do Domínio “Mar de Morros”, Pinheiral, RJ.

Na região, predominam as colinas situadas em encostas com cobertura do tipo talus e rampa de colúvio. Cortando esta formação, observam-se vales estruturais que condicionam a drenagem local, formando pequenas várzeas até encontrar a área de influência da grande várzea do Paraíba do Sul. As principais feições geomorfológicas são: bancas arenosas, várzea ou planícies de inundação, terraços fluviais, terraço alúvio-coluvionar, rampas de colúvio, colinas estruturais aplainadas, colinas estruturais isoladas, encostas de talus, encostas estruturais dissecadas, encostas adaptadas a falhamentos, vales estruturais, interflúvios estruturais e canais meandrantos (OLIVEIRA, 1998).

3.2.3. Relevo

A região apresenta várias formas de relevo com distintos graus de dissecação. A altitude varia desde 360 metros na várzea do Paraíba do Sul, foz do ribeirão Cachimbal, até 720 metros na serra do Arrozal, no interflúvio ao sul da bacia do ribeirão Cachimbal (OLIVEIRA, 1998; MENEZES, 2008). Na área de abrangência da sub-bacia, predominam encostas com declividades variadas (72,0%), poucas áreas de topos de morros aplainados (5,7%) e várzeas estreitas (22,3%) nos vales estruturais da bacia e às margens de seu canal principal (OLIVEIRA, 1998; MENEZES, 2008).

3.2.4. Solos

Os solos predominantes nas encostas são ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO e CAMBISSOLO HÁPLICO (MENEZES, 2008).

3.2.5. Vegetação

A região está inserida no domínio ecológico da Mata Atlântica, cuja vegetação original denomina-se Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 1992), característica de zonas de altitudes entre 300 e 800 metros.

A vegetação atualmente dominante na região é constituída por pastagens (*Brachiaria decumbens*), implantadas e não manejadas, que se apresentam em diferentes estádios de

degradação, nível de uso e/ou abandono, dando origem às demais formas de vegetação da área, como os pastos sujos e as capoeiras em diferentes estádios sucessionais.

3.3. Definição das Áreas de Estudo

As áreas foram definidas pelo estudo de MENEZES (2008), com base na interpretação de fotografias aéreas e informações históricas de uso das terras obtidas com antigos moradores do município de Pinheiral, RJ, que atuaram na sub-bacia em estudo, entre as décadas de 1950 e 2000 (Figura 6). De posse dessas informações foram selecionadas áreas com semelhança no posicionamento nas encostas (terço superior), enquadrando-se nas mesmas condições edafoclimáticas como posição de encosta (face de exposição e declividade) e classe de solo.

As áreas de floresta secundária tiveram sua cobertura vegetal enquadrada nos diferentes estádios sucessionais da Mata Atlântica (CONAMA 006/1994), sendo estas: floresta em estágio inicial de sucessão - FEI (aproximadamente 20 anos de regeneração), floresta em estágio médio de sucessão - FEM (aproximadamente 25 anos de regeneração) e floresta secundária em estágio avançado de sucessão - FEA (aproximadamente 60 anos de regeneração) (Figura 7, Figura 8 e Figura 9, respectivamente).

Em cada uma das áreas selecionadas foi delimitada uma parcela de 20 x 20 metros, localizada no terço superior da encosta. Nos limites da parcela demarcada foram realizadas as avaliações do aporte de serapilheira, da fauna edáfica, matéria orgânica do solo e fertilidade do solo, que serão descritas em detalhe nos capítulos subsequentes.



Figura 6. Imagem de satélite das áreas de estudo, Pinheiral, RJ.

Fonte: <http://earth.google.com/> (Obtida em: Janeiro de 2011).

Legenda: FEI- Floresta estágio inicial; FEM- Floresta estágio médio; FEA- Floresta estágio avançado.

a. Floresta Secundária em Estádio Inicial de Sucessão (FEI)

Localiza-se no terço superior da encosta a uma latitude de 22° 32' 31" S e longitude de 44° 00' 48" W, a uma altitude de 466,7 m e declividade média de 68% (MENEZES, 2008).

A vegetação verificada até 1990 era composta por pastagem formada por vegetação espontânea, manejada por simples roçada anual e queimadas eventuais. A partir desses eventos a área foi ocupada por pequenos agricultores que, em função da dificuldade de acesso à mesma, apenas a cercaram, o que proporcionou o início da regeneração natural da capoeira (Senhores Valdir e Gessy - informação pessoal) (MENEZES, 2008). A cobertura florestal é pouco densa, sendo caracterizada segundo a Resolução CONAMA 006/1994 como “*Floresta Secundária em Estádio Inicial de Sucessão*”, tendo as seguintes características:

- i. Fisionomia herbáceo/arbustiva, cobertura aberta ou fechada, com a presença de espécies predominantemente heliófitas; plantas lenhosas, quando ocorrem, apresentam diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 5 centímetros e altura média de até 5 metros (Figura 7);
- ii. Os indivíduos lenhosos ocorrentes pertencem a, no máximo, 20 espécies botânicas por hectare (Tabela 2);
- iii. As espécies são de crescimento rápido e ciclo biológico curto;
- iv. A idade da comunidade varia de 0 a 10 anos;
- v. A área basal média é de 0 a 10 metros quadrados hectare⁻¹;
- vi. Epífitas raras, podendo ocorrer trepadeiras;
- vii. Ausência de subosque;
- viii. Serapilheira, quando existente, forma uma camada fina pouco decomposta, contínua ou não.



Figura 7. Vista interna da floresta estágio inicial “FEI”, Pinheiral, RJ.

Tabela 2. Famílias e espécies botânicas, amostradas na floresta estágio inicial (FEI), Pinheiral, RJ.

Família	Espécie	Grupo sucessional	Nº de indivíduos amostrados
Annonaceae	<i>Xilopia sericea</i> A. St. Hil.	P	01
Melastomataceae	<i>Clidemia urceolata</i> DC.	P	21
	<i>Miconia calvescens</i> DC.	SI	03
	<i>Miconia cinnamomifolia</i> DC.	SI	04
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	SI	01
Thelypteridaceae	<i>Macrothelypteris torresiana</i> Gaud.	NI	01
Urticaceae	<i>Cecropia adenopus</i> Mart. ex Miq.	P	09
Total			40

(Modificado de Menezes, 2008). Legenda: P: pioneira; SI: secundária inicial; NI: não identificada.

b. Floresta Secundária em Estádio Médio de Sucessão (FEM)

Esta área localiza-se a uma latitude de 22° 32' 31" S e longitude de 44° 00' 46" W, encontra-se na mesma elevação (466,7 m) do que a área de FEI, sendo contígua a essa. A declividade média é de 70% e a cobertura florestal é mais densa do que a área de FEI (MENEZES, 2008).

A área se encontrava até 1985, sob cobertura de pasto sujo com formação inicial de capoeira (Senhores Valdir e Gessi - informação pessoal relatada a C.E.G. Menezes), também tendo sido mantida protegida até os dias atuais, o que permitiu o desenvolvimento sucessional até o momento alcançado (MENEZES, 2008). Atendendo a resolução CONAMA 06/1994 a formação vegetal secundária apresenta-se em estágio médio de sucessão.

“Floresta Secundária em Estádio Médio de Sucessão”

- i- Fisionomia arbustivo-arbórea, cobertura fechada com início de diferenciação em estratos e surgimento de espécies de sombra (Figura 8);
- ii- As espécies têm DAP médio variando de 10 a 20 centímetros, altura média variando de 5 até 12 metros e idade entre 11 e 25 anos (Tabela 3);
- iii- Sempre existe uma camada de serapilheira na qual há sempre muitas plântulas;
- iv- Muitas das árvores do estágio inicial podem permanecer, porém mais grossas e mais altas;
- v- Sub-bosque presente.



Figura 8. Vista interna da Floresta estágio médio “FEM”, Pinheiral, RJ.

Tabela 3. Famílias e espécies botânicas, amostradas na floresta estágio médio (FEM), Pinheiral, RJ.

Família	Espécie	Grupo sucessional	Nº de indivíduos amostrados
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.	P	06
Lecytidaceae	<i>Cariniana legalis</i> Mart.	ST	01
Melastomataceae	<i>Miconia calvescens</i> DC.	SI	13
Moraceae	<i>Ficus adhatodifolia</i> Schott	NI	01
Myrsinaceae	<i>Rapanea ferruginea</i> Mez.	SI	01
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	SI	02
Rubiaceae	<i>Chomelia brasiliana</i> A.Rich.	NI	01
Sapindaceae	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	SI	07
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	SI	09
Urticaceae	<i>Cecropia adenopus</i> Mart. ex Miq.	P	19
Total			60

(Modificado de Menezes, 2008). Legenda: P: pioneira; SI: secundária inicial; ST: secundária tardia; NI: não identificada.

c. Floresta Secundária em Estádio Avançado de Sucessão (FEA)

Esta área localiza-se a uma latitude de 22° 32' 59"S, longitude de 44° 01'57" W e a uma altitude de 521,9 m. Encontra-se em terço superior da encosta e declividade média de 40 %, sendo a cobertura florestal densa que, provavelmente, se instalou após a decadência da cafeicultura na região (MENEZES, 2008).

Pelos relatos obtidos (Sr. Petrônio Souza e Sr. Darcy Pires - informação pessoal relatada a C.E.G. Menezes) essa área é considerada a mais antiga da porção inferior da sub-bacia do Ribeirão Cachimbal. Na sua composição foram observados indivíduos com valores de diâmetro a altura do peito com média de 15 cm e alturas maiores que 20 m, muito superiores aos encontrados nas fases sucessionais anteriores (MENEZES, 2008). Outra

característica marcante é a presença em seu sub-bosque de plantas de cafeeiro (*Coffea arabica*). Essa área segundo a Resolução CONAMA 06/1994 apresenta características de estágio sucessional avançado.

“Floresta Secundária em Estádio Avançado de Sucessão”

- i. Fisionomia arbórea, cobertura fechada formando um dossel relativamente uniforme ao porte, podendo apresentar árvores emergentes com sub-bosque já diferenciado em um ou mais estratos (Figura 9);
- ii. Grande variedade de espécies lenhosas com DAP médio de 20 centímetros e altura superior a 20 metros (Tabela 4);
- iii. Comunidade com idade acima de 25 anos;
- iv. Há cipós, trepadeiras e abundância de epífitas.



Figura 9. Vista interna da Floresta estágio avançado “FEA”, Pinheiral, RJ.

Tabela 4. Famílias e espécies botânicas, amostradas na floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ.

Família	Espécie	Grupo sucessional	Nº de indivíduos amostrados
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	SI/ST	02
	<i>Spondias macrocarpa</i> Engl.	SI	15
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i> sp.	NI	01
Burceraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> March.	SI	02
Fabaceae	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> Benth.	SI	15
	<i>Andira</i> sp.	ST	01
	<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	NI	02
	<i>Dalbergia nigra</i> Vell.	ST	01
	<i>Inga edulis</i> Mart.	P	01
	<i>Peltophorum dubium</i> Spreng.	SI	04
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> Mart.	SI	03
Erythroxilaceae	<i>Erythroxylum pulchrum</i> A.St.Hil.	ST	04
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	ST	04
	<i>Nectandra membranacea</i> Spreng.	ST	02
Lecytidaceae	<i>Cariniana legalis</i> Mart.	ST	01
Malvaceae	<i>Chorisia speciosa</i> A.St.Hil.	SI	01
Meliaceae	<i>Trichilia casaretti</i> C.DC.	ST	16
	<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	ST	01
Moraceae	<i>Brosimum guianensis</i> (Aubl.) Huber.	C	03
	<i>Soroceae bonplandii</i> Baill.	ST	01
Myrtaceae	<i>Caliptrantes</i> sp.	NI	02
	<i>Myrcia</i> sp.	NI	01
	<i>Eugenia schuechiana</i> O. Berg.	NI	01
	<i>Myrceaugenia myrcioides</i> O. Berg.	NI	01
	<i>Eugenia</i> sp.	NI	01
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz.	ST	01
Polygonaceae	<i>Coccoloba confusa</i> How. E.B.	NI	02
Rubiaceae	<i>Amaioua intermedia</i> Mart.	NI	04
	<i>Psicotria</i> sp.	NI	01
Sapindaceae	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	SI	06
	<i>Matayba juglandifolia</i> Radlk.	NI	02
	<i>Talisia intermedia</i> Radlk.	NI	01
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	SI	01
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.	NI	01
Urticaceae	<i>Cecropia adenopus</i> Mart. ex Miq	P	01
Total			106

(Modificado de Menezes, 2008). Legenda: P: pioneira; SI: secundária inicial; ST: secundária tardia; C: clímax; NI: não identificada.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER. **Domínios morfoclimáticos e solos do Brasil**. In: O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Editado por Victor Hugo Alvarez V., Luiz Eduardo F. Fontes, Maurício Paulo F. Fontes. Viçosa, MG: SBCS; UFV, 1996. 930p.

AB'SABER, A.; TUNDISI, G.T.; FORNERIS, L.; MARINO, M.C.; ROCHA, O.; TUNDISI, T.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y; VUONO, Y.S. de & WATANABE, S. **Glossário de ecologia**. **Academia de Ciência do Estado de São Paulo (ACIESP)**, n. 103, 1997. 352 p.

ARAÚJO, R. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; MACHADO, M. R.; PEREIRA, M. G.; FRAZÃO, F. J. Deposição de Serapilheira em Três Modelos de Revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Revista Floresta e Ambiente**, UFRRJ, v. 12, n. 2, 2005.

BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V.; VACCARO, S. & SPATHELF, P. Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, p. 277-285, 2001.

CENTURION, J.F.; CARDOSO, J.P.; NATALE, W. Physical and chemical properties of an oxisol in different agroecosystems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 416-424, 2001.

CONAMA. Resolução 006 de 4 de maio de 1994, **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/legiano1.cfm>>. Acesso em: 25 de Junho de 2009.

CORREIA, M.E.F; ANDRADE, A.G. **Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes**. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A. de. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Rev. e atual. - Porto Alegre: Metrópole. p.137-158, 2008.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: período 1995-2000. São Paulo, 47p., 2002. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br>> e <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 10 de Maio de 2009.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: período 2008-2010. São Paulo, 60p., 2010. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br>> e <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 23 de Fevereiro de 2011.

FUNDAÇÃO INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (RJ) (IEF). **A Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em: <www.ief.rj.gov.br/mata/conteudo.htm>. Acesso em: 07 Fevereiro de 2011.

GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 148, p. 185-206, 2001.

KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L. ;GANDARA, F. B. (Orgs.) **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Fepaf - São Paulo, 2003. 340p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. IBGE, Rio de Janeiro. 1992. 92 p.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica. 1948. 488p.

LAVELLE, P.; BLANCHARATA, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SAPIN, A.; TOUTAIN, F.; BAROIS, I. & SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, 25(2): 130-150, 1993.

LOUMAN, B.; DAVID, Q.; MARGARITA, N. **Silvicultura de bosques latifoliados úmidos com ênfases em América Central**. Costa Rica, Turrialba: CATIE, 2001. 265p.

MANOLIADIS, O.G. Development of ecological indicators- a methodological framework using compromise programming. **Ecological Indicators**, 2:169-176, 2002.

MENEZES, C.E.G. **Integridade da paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheira-RJ**. 2008. 175 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Agronomia, Ciência do Solo, Seropédica, RJ, 2008.

MORAES, L.F.D.; CAMPELLO, E.F.C.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A. Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 193-206, abr.jun., 2008.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p. 845-853, 2000.

OLIVEIRA, J.A. **Caracterização física da Bacia do Ribeirão Cachimbal-Pinheiral (RJ) e de suas principais paisagens degradadas, Seropédica**. 1998. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Agronomia, Ciência do Solo, Seropédica, RJ, 1998.

PEIXOTO, A. L.; ROSA, M. M. T. **Características da Mata Atlântica**. In: Manual Metodológico para Estudos na Mata Atlântica. EDUR – UFRRJ, Seropédica, RJ, p.9-15. 2002

PICKETT, S.T.A.; OSTFELD, R.S.; SHACHACK, M.; LIKENS, G.E. (Ed.) **The ecological basis of conservation: heterogeneity, ecosystems and biodiversity**. London: Chapman & Hall, 466 p., 1997.

RESENDE, S.B. & RESENDE, M. **Solos dos Mares de Morros: Ocupação e Uso**. In: O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Editado por Victor Hugo Alvarez V., Luiz Eduardo F. Fontes, Maurício Paulo F. Fontes. Viçosa, MG: SBCS; UFV, 1996. 930p.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation** v.142, p.1141–1153. 2009.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; ALVES, M. A. S.; SLUYS, M. V. **A Biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica**. São Carlos, RiMa, 2003. 160p.

RODRIGUES, R.R. & GANDOLFI, S. **Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP, p. 235-247. 2004.

ROSCOE, R. & MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86p.

SCARANO, F. R.; RIOS, R. I.; ESTEVES, F. A. Tree species richness, diversity and flooding regime: case studies of recuperation after anthropic impact in brazilian floodprone forests. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**. v. 24, p. 223-235, 1998.

SILVA, V.V. **Médio Vale do Paraíba do Sul: Fragmentação e vulnerabilidade dos remanescentes da Mata Atlântica**. 2005. 123p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Fluminense. Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, 2005.

SOUZA, A. L.; SCHETTINO, S.; JESUS, R. M.; VALE, A. B. Dinâmica da regeneração natural em uma Floresta Ombrófila Densa secundária, após corte de cipós, Reserva Natural da Companhia Vale do Rio Doce S. A. Estado Espírito Santo, Brasil. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 411-419, 2002.

VEZZANI, F. M.; CONCEIÇÃO, P. C.; MELLO, N. A.; DIECKOW, J. **Matéria orgânica e qualidade do solo**. In: SANTOS, G. A. et al. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2ª edição, Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, p. 483-494, 2008.

CAPÍTULO I

Aporte e Estoque de Serapilheira e Decomposição de Material Foliar em Fragmento de Mata Atlântica com Diferentes Estádios Sucessionais, Pinheiral, Rio de Janeiro

RESUMO

Em ecossistemas florestais, a deposição e decomposição da serapilheira constituem o principal meio de aporte de matéria orgânica e transferência de nutrientes. Desta forma, a compreensão dos reservatórios e fluxos, associados aos fatores ecológicos que influenciam na dinâmica desses processos, podem ser considerados valiosos instrumentos para estudos de diagnóstico ambiental de áreas em processos de sucessão. Diante disso, objetivou-se neste capítulo estimar a produção anual e sazonal da serapilheira e o aporte de nutrientes; verificar a contribuição de cada fração no aporte total; estimar a taxa de decomposição do material foliar e estimar o estoque de serapilheira por classes de tamanho, bem como o estoque total. A partir dessas avaliações pretende-se selecionar indicadores que refletem a qualidade do ambiente em função do avanço sucessional de florestas secundárias de Mata Atlântica. Para tanto, três áreas de floresta secundária foram avaliadas, quanto ao estágio sucessional: FEI - Floresta estágio inicial, FEM - Floresta estágio médio e FEA - Floresta estágio avançado. A produção de serapilheira foi avaliada, utilizando-se 10 coletores cônicos com 0,21 m², durante o período compreendido entre abril/2009 e março/2010. Para estimar a taxa de decomposição, folhas, provenientes do aporte, foram acondicionadas em sacolas de decomposição “*litter bags*”. O restante dessa fração assim como as outras frações foi moído para quantificação do teor e conteúdo de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg). Para estimar o estoque de serapilheira demarcou-se uma área amostral de 0,09 m², sendo as frações separadas em classes de tamanho com auxílio de peneiras. A produção total anual de serapilheira, estimada pelo aporte, foi de 6,2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ na FEI, 7,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ na FEM e 12,3 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ na FEA. Os valores médios de serapilheira estimados no aporte e estoque foram estatisticamente superiores na FEA. De maneira geral, na primavera observaram-se maiores valores de depósito de material, e as variáveis ambientais que maior exerceram influência na produção total foram a precipitação e a temperatura. A fração foliar representou a maior percentagem da serapilheira depositada em todas as áreas avaliadas no aporte, assim como a fração ≥ 8 mm no estoque. O teor e conteúdo de nutrientes verificados no aporte e no estoque, de maneira geral, foram maiores na FEA. Os elementos N, Ca e K foram os nutrientes que mais contribuíram no aporte de nutrientes, destacando-se o N no estágio avançado e o Ca nos estádios inicial e médio. O tempo de meia vida para a FEA foi de 151 dias, seguido pela FEM 217 dias e FEI 315 dias, observando-se na FEA maiores perdas de material durante todo o período do estudo.

Palavras-chave: Estádios Sucessionais da Mata Atlântica, ciclagem de nutrientes, indicadores da qualidade ambiental.

ABSTRACT

In forest ecosystems, the deposition and decomposition of litter are the main way of input of organic matter and transfer of nutrient. Thus, the comprehension the reservoirs and flows, associated with ecological factors that influence the dynamics of these processes, may be regarded as valuable tools for environmental diagnostic studies of the areas of succession processes. Therefore, the objective of this chapter: estimate the annual and seasonal production of litter, and nutrient input; verify the contribution of each fraction in the total input; estimate the rate of decomposition of leaf material, and; estimate the stock of litter by size classes, as well as the total stock. For this, three areas of secondary forest were evaluated, as the successional stage: FEI - Initial forest stage; FEM - Medium forest stage and FEA - Advanced forest stage. The litter production was evaluated, using 10 conical collectors with 0,21 m², during the period from April/2009 and March/2010. To estimate the rate of decomposition, leaves, coming of the input, were packed in bags of decomposition “*litter bags*”. The remainder of this fraction, as well as other fractions was milled to quantify the levels and amount of the nutrient (N, P, K, Ca and Mg). To estimate the stock of litter was demarcated an experimental area of 0,09m², and the fractions separated by size classes with the aid of sieves. The total annual litter production, estimated by the input, was 6,2 Mg ha⁻¹ year⁻¹ with the FEI, 7,5 Mg ha⁻¹ year⁻¹ in the FEM and 12,3 Mg ha⁻¹ year⁻¹ in FEA. The average values of estimated litter input and stock were statistic higher in FEA. In general, in the spring, there were higher values of material deposition, and environmental variables that higher influenced the total yield was precipitation and temperature. The leaf fraction accounted for the largest proportion of litterfall in all areas studied in the input, as the fraction $\geq 8\text{mm}$ in stock. The levels and amount of the nutrient observed in the input, and stock in general, were higher in the FEA, The litter was the main route of transfer of N, Ca and K to the soil, the N especially in the stage advanced, and Ca in the initial and medium stage. The time half-life for the FEA was 151 days, followed by FEI and FEM 217 days and 315 days respectively, observing higher losses of material throughout the study period in the FEA.

Key words: Successional stadiums of the Atlantic Forest, nutrient cycling, environmental quality indicators.

1. INTRODUÇÃO

Nos ecossistemas florestais tropicais, principalmente aqueles sobre solos com baixos teores de nutrientes, os aportes e transformações da serapilheira são fundamentais para manutenção ou melhoria das propriedades do solo, e conseqüentemente da sustentabilidade desses sistemas.

A serapilheira, representada pelo material biogênico aportado ao solo, principalmente, pela vegetação, constitui-se num componente fundamental na ciclagem de nutrientes em solos florestais (ARAÚJO et al., 2005), representando uma fonte potencial de energia para as espécies consumidoras nesses ecossistemas (BRUN et al., 2001).

Constituída por materiais vegetais depositados na superfície do solo, tais como folhas, cascas, ramos, flores, inflorescências, frutos, sementes, e fragmentos vegetais e animais não identificáveis (CIANCIARUSO et al., 2006), atua na superfície do solo como um sistema de entrada e saída, via aporte de material vegetal e sua posterior decomposição, processos de suma importância na restauração da fertilidade do solo, principalmente, em áreas em início de sucessão ecológica (EWEL, 1976 *apud* ARATO et al., 2003), como o caso de áreas perturbadas.

Em ecossistemas florestais tropicais a deposição de serapilheira é contínua ao longo do ano, sendo que a produção desse material pode ser influenciada por diversos fatores bióticos e abióticos, tais como: tipo de vegetação, estágio sucessional, deciduidade, altitude, latitude, precipitação, temperatura, luminosidade, relevo, disponibilidade hídrica e características do solo (LEITÃO-FILHO et al., 1993; SUNDARAPANDIAN & SWAMY, 1999). Além desses fatores, a produção dentro de um mesmo tipo florestal também pode variar de acordo com o grau de perturbação, ou seja, áreas muito perturbadas apresentam um número elevado de espécies pioneiras que possuem crescimento rápido e ciclo de vida curto, investindo muito na produção de biomassa (MARTINS & RODRIGUES, 1999; LEITÃO-FILHO et al., 1993).

Diante dos diversos fatores que podem afetar a produção de serapilheira, esse processo não pode ser apenas explicado com base em correlações entre deposição e variáveis meteorológicas como na maioria dos trabalhos, pois todos os fatores, sejam eles climáticos, edáficos, fisiológicos ou antrópicos, influenciam na dinâmica de deposição de material. Assim, há necessidade de que todos os fatores sejam analisados num contexto geral para, deste modo, poder explicar com maior precisão, as características da deposição nos diferentes ecossistemas (SCHUMACHER, 1992).

Dentre os componentes da serapilheira, vários estudos demonstraram que um dos principais constituintes são as folhas, que podem contribuir com mais de 70% do material adicionado (MORELATO, 1992; FIGUEIREDO-FILHO et al., 2003), o que evidencia a importância desse compartimento na devolução de nutrientes ao piso florestal.

Quantidades significativas de nutrientes retornam ao solo pela queda da fração foliar e dos outros componentes senescentes da parte aérea das plantas, e sua posterior decomposição (TOLEDO & PEREIRA, 2004). Após a deposição desses materiais, o seu acúmulo ou estoque na superfície do solo será regulado pela taxa de decomposição (HAAG, 1985 *apud* DICKOW, 2010), sendo esse processo considerado um dos mais importantes da ciclagem de nutrientes (MONTAGNINI & JORDAN, 2002), e definido como a desintegração gradual do material orgânico que chega ao piso florestal (MASON, 1980).

A decomposição é um processo dinâmico no qual ocorre, simultaneamente, a fragmentação física das suas estruturas, a transformação química e a síntese de novos compostos e transporte desses produtos formados para horizontes mais profundos da manta orgânica e do solo (HEAL et al., 1997). Assim, por meio da decomposição, a serapilheira libera para o solo elementos minerais, essenciais para o desenvolvimento das plantas,

desempenhando um papel fundamental na ciclagem de nutrientes e nas transferências de energia entre os níveis tróficos (RIBEIRO, 1998).

No entanto, a velocidade com que o material orgânico é decomposto, com conseqüente liberação de nutrientes, depende fundamentalmente das condições físicas e químicas do ambiente e da qualidade orgânica e nutricional do material que é aportado. Associado a esses fatores, a fauna edáfica se encontra inteiramente envolvida nos processos de fragmentação da serapilheira e estimulação da comunidade microbiana do solo (CORREIA & ANDRADE, 2008). De maneira geral, os fatores climáticos ajudam a determinar as características abióticas do solo que por sua vez ajudam a determinar a qualidade da serapilheira e, por fim, a atividade e composição das comunidades de invertebrados e microorganismos do solo que irão decompor este material (LAVELLE et al., 2006).

Para estimar a velocidade de decomposição do material foliar, índices comumente têm sido utilizados, como o valor K que é a relação entre a quantidade de material que cai do dossel e a que está depositada sobre o solo, e avaliações diretas mediante medidas de perda de massa, através do uso de sacolas de decomposição “*litter bags*” (CORREIA & ANDRADE, 2008).

Em função do exposto, a produção e decomposição da serapilheira nos ecossistemas florestais constituem o principal meio de aporte de matéria orgânica e transferência de nutrientes (ARATO et al., 2003; SCHUMACHER et al., 2004; BARLOW et al., 2007), e assim considerados processos fundamentais dos ciclos biogeoquímicos nesses sistemas.

Diante disso, objetivou-se neste capítulo estimar o aporte e estoque de serapilheira, o aporte de nutrientes pela serapilheira e a taxa de decomposição do material foliar, visando eleger possíveis indicadores que refletem a qualidade do ambiente em função do avanço sucessional de florestas secundárias de Mata Atlântica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Aporte de Serapilheira

Para interceptação da serapilheira foi utilizado o método descrito por TOLEDO (2003), sendo em cada parcela da área de estudo instalados aleatoriamente 10 coletores cônicos, construídos com tubo de $\frac{3}{4}$ "', em material plástico de polietileno, com fundo de tela de 1 mm, com área de $0,21 \text{ m}^2$ (perímetro igual a 1,62 m) e fixados a uma altura de 1,0 metro acima da superfície do terreno (Figura 10A e 10B).



Figura 10. Coletor cônico utilizado para coleta da serapilheira, Pinheiral, RJ. A - Vista frontal do coletor cônico e B - Vista superior do coletor cônico.

A serapilheira depositada foi coletada mensalmente durante o período de abril de 2009 a março de 2010. Posteriormente, a cada coleta, após secagem ao ar, o material foi estratificado em: folhas, ramos, material reprodutivo (Figura 11) e outros (frações não identificáveis). Após essa etapa, a serapilheira foi seca em estufa à temperatura de 65°C por 48 horas, sendo posteriormente pesada a fim de avaliar a contribuição de cada fração no aporte total do material decíduo.

O aporte total mensal de cada área foi determinado a partir da média aritmética dos dez coletores. Também foi determinado o aporte para cada estação do ano, sendo obtido pela soma das médias dos meses correspondentes a cada estação (outono: abril, maio, junho; inverno: julho, agosto, setembro; primavera: outubro, novembro, dezembro; verão: janeiro, fevereiro e março).

A quantidade de serapilheira produzida anualmente, para cada área de estudo, foi estimada a partir seguinte expressão, modificada de LOPES et al. (2002):

$$PS = (\sum PM \times 10.000) / Ac$$

Em que: PS = Produção de serapilheira ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); PM = produção mensal de serapilheira (kg mês^{-1}), obtida pela média dos 10 coletores; Ac = Área do coletor (m^2). Posteriormente PS foi convertida para $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

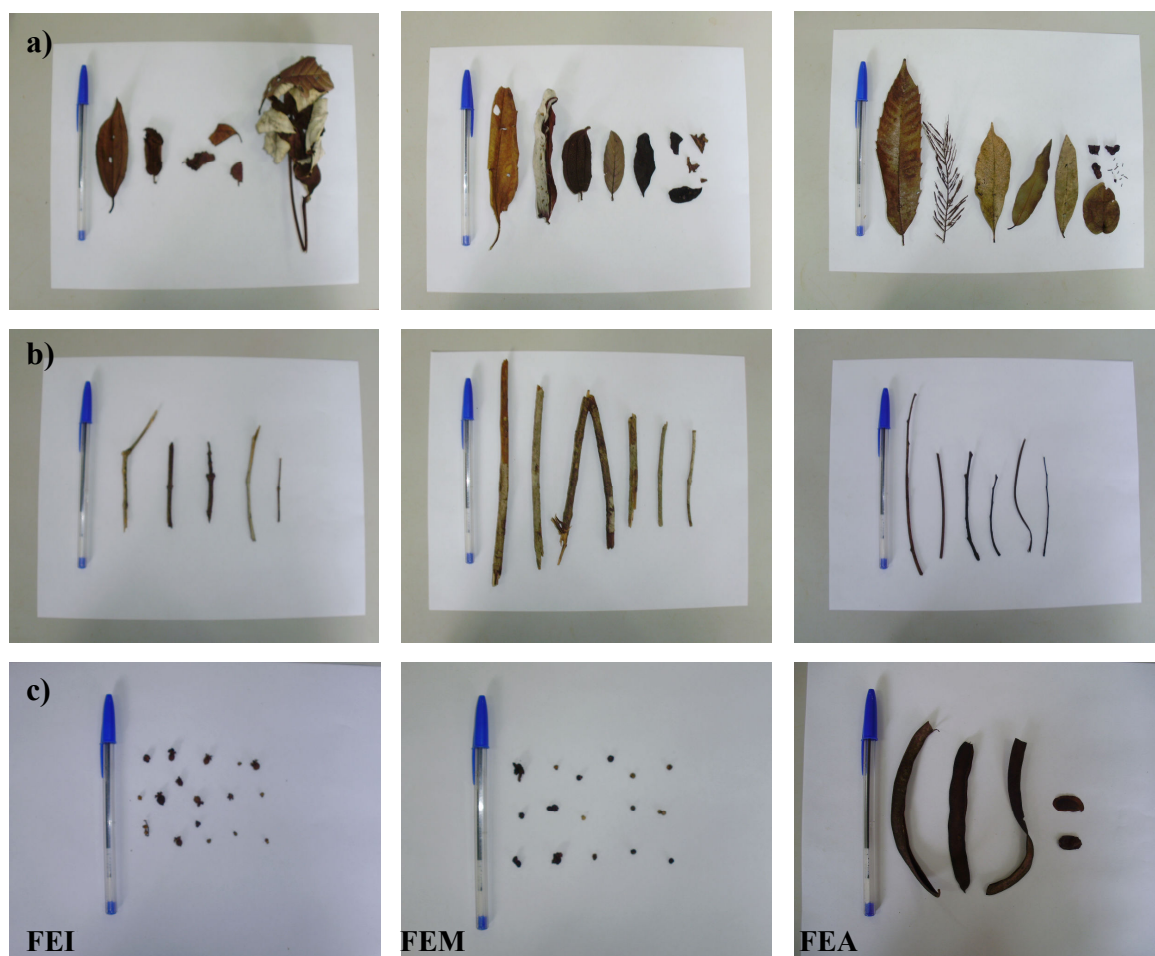


Figura 11. Frações da serapilheira: a) folhas; b) ramos, e; c) material reprodutivo, Pinheiral, RJ. Legenda: FEI - floresta secundária estágio inicial; FEM - floresta secundária estágio médio; FEA - floresta secundária estágio avançado.

2.2. Correlações do Aporte com Variáveis Climáticas

A avaliação da relação entre a produção mensal de serapilheira com as variáveis climáticas foi realizada através da análise de correlação de Pearson e do teste F ($P < 0,05$), por meio do pacote estatístico SAEG (versão 5.0) da Fundação Arthur Bernardes, Universidade Federal de Viçosa (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

Os dados meteorológicos utilizados (temperatura, precipitação, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos) foram obtidos pela Estação Meteorológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia “Câmpus Pinheiral”, em Pinheiral, Rio de Janeiro.

2.3. Aporte de Nutrientes pela Serapilheira

Após triagem e quantificação da contribuição de cada fração no aporte total, as amostras foram transferidas para bandejas e homogeneizadas. As 10 amostras, obtidas mensalmente para cada área, foram unidas duas a duas, totalizando cinco amostras para cada mês, perfazendo cinco repetições. Esse material foi moído e submetido à digestão sulfúrica (TEDESCO et al., 1995). No extrato obtido foram determinados os teores dos nutrientes: N, P, K, Ca e Mg.

O conteúdo dos nutrientes foi determinado pela multiplicação dos teores (g kg^{-1}) pela massa do material aportado (Mg ha^{-1}), sendo necessário fazer conversões para kg ha^{-1} .

2.4. Decomposição do Material Foliar

Para a avaliação da taxa de decomposição foram utilizadas amostras de material foliar depositado nos coletores cônicos acima descritos. Deste material, após secagem, retiraram-se 10 gramas que foram acondicionados em sacos de polivinil “*litter bags*” (ANDERSON & INGRAM, 2006) com malha de 4 mm, área de 25 x 25 cm e 1,5 cm de altura (Figura 12A e 12 B).

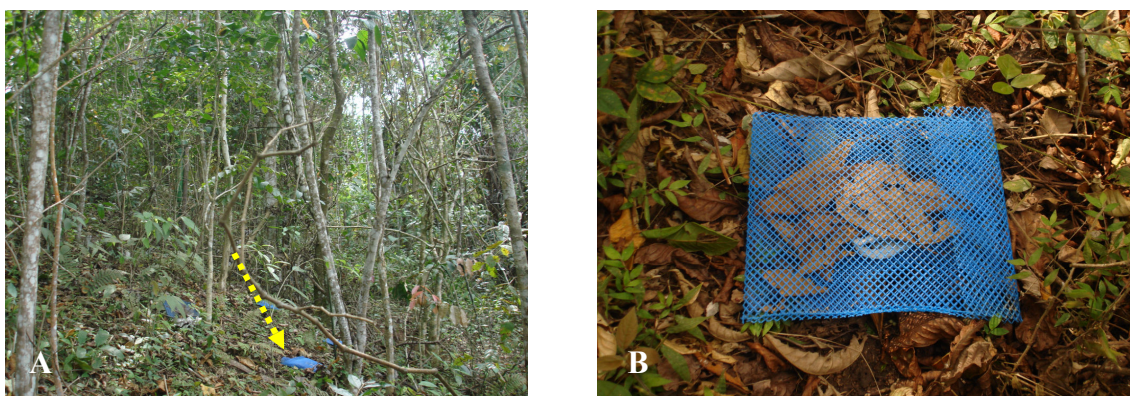


Figura 12. *Litter bag* instalado sobre o piso florestal para a avaliação da taxa de decomposição do material foliar, Pinheiral, RJ.

Em cada área foram instalados 20 “*litter bags*” no início do período chuvoso (02 de outubro de 2009). As coletas foram realizadas aos intervalos de 15, 30, 72, 97 e 120 dias, sendo retirados em cada coleta quatro “*litter bags*”, perfazendo quatro repetições por área.

A quantificação da taxa de decomposição foi obtida através de medidas de perda de massa, calculando-se a diferença entre as quantidades iniciais do material original contido no “*litter bag*” (tempo zero = 10 g) e as que permaneceram no período de cada coleta. De posse desses valores, ao longo do período de estudo, foi estimada a constante de decomposição k , conforme THOMAS & ASAKAWA (1993), através do seguinte modelo exponencial: $X_t = X_0 \cdot e^{-kt}$, em que, X_t é o peso do material remanescente após t dias e X_0 o peso do material seco originalmente colocado nos sacos no tempo zero ($t = 0$). O coeficiente deste modelo exponencial, bem como as curvas que caracterizam a perda de peso (decomposição) do material foliar foi produzido com o auxílio do programa SIGMAPLOT 8.0. O tempo de meia-vida ($t^{1/2}$) do material foi estimado conforme REZENDE et al. (1999), por meio da equação: $t^{1/2} = \ln(2) / k$.

Em que, k é a constante de decomposição estimada pelo programa SIGMAPLOT 8.0.

2.5. Estoque de Serapilheira e de Nutrientes pela Serapilheira no Solo

Em maio de 2009, em cada área de estudo, coletaram-se, com o auxílio de uma régua de 30 cm (área amostral: $0,09\text{m}^2$), aleatoriamente 10 amostras de serapilheira estocada na superfície do solo (Figura 13).

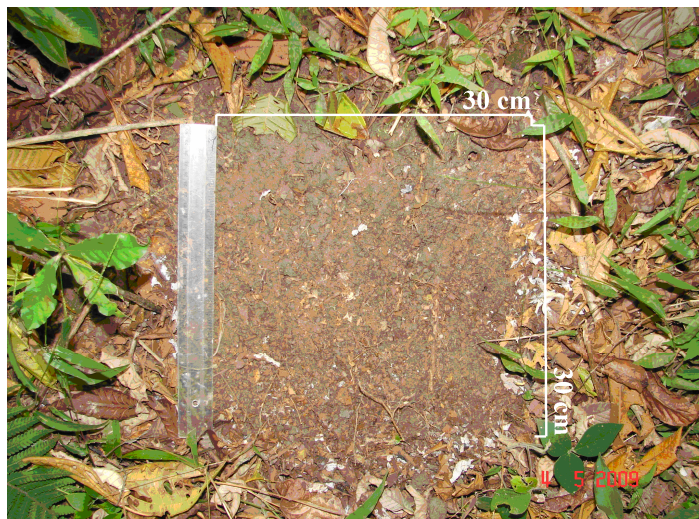


Figura 13. Régua demarcando a área amostral para coleta de serapilheira, Pinheiral, RJ.

Visando avaliar o grau de fragmentação da serapilheira, o material foi estratificado por peneiras de malhas de 8, 4 e 2 mm, obtendo-se frações (F) de tamanho: $F \geq 8\text{mm}$; $8\text{mm} > F \geq 4\text{mm}$; $4\text{mm} > F \geq 2\text{mm}$ e $F < 2\text{mm}$. Posteriormente, as amostras foram submetidas à secagem em estufa de circulação a 65°C por 48 horas e, posteriormente, quantificou-se o estoque de cada fração a partir da expressão:

Estoque (Mg ha^{-1}) = (peso material Mg x área do quadrado demarcado pela régua ha).
O estoque total de serapilheira (EstTS) foi obtido pela soma das quatro frações.

O material referente a cada fração foi unido dois a dois, obtendo-se cinco amostras por fração, perfazendo cinco repetições. Posteriormente, as amostras foram moídas e submetidas à digestão sulfúrica para determinação do teor dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e carbono orgânico), segundo TEDESCO et al. (1995). O conteúdo dos nutrientes foi determinado pela multiplicação dos teores (g kg^{-1}) pela massa do material estocado (Mg ha^{-1}).

Amostras de serapilheira estocada no solo foram encaminhadas para o Laboratório de Ecologia Isotópica do CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura) para determinação da concentração elementar de $\delta^{15}\text{N}$.

2.6. Análise dos Dados

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de normalidade da distribuição dos erros (teste de Lilliefors) e homogeneidade das variâncias dos erros (teste de Cochran), ambos analisados através do Sistema para Análises Estatísticas (SAEG 9.1), da Fundação Arthur Bernardes, da Universidade Federal de Viçosa (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

Os dados atenderam às pressuposições e os valores médios foram comparados por meio do teste t de Bonferroni a 5% de probabilidade ($P < 0,05$), com a utilização do programa estatístico SISVAR 4.3, da Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Aporte de Serapilheira

No período estudado (abril de 2009 a março de 2010), a produção total anual de serapilheira aportada foi de 7,47 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para a área de FEI, 8,96 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para a FEM e 14,7 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para a FEA (Tabela 5). Os valores de deposição se encontram na faixa dos observados em florestas tropicais de todo o mundo, nos quais variaram de 2,4 a 14,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (SUNDARAPANDIAN & SWAMY, 1999).

Tabela 5. Produção mensal de serapilheira* (Mg ha⁻¹) nas áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.

Mês	Áreas de estudo					
	FEI		FEM		FEA	
	-----Mg ha ⁻¹ -----					
Abril	0,65 (0,080)	a ABCD	0,73(0,098)	a AB	0,65 (0,061)	a C
Mai	0,41 (0,064)	a CD	0,67 (0,097)	a AB	0,53 (0,074)	a C
Junho	0,51 (0,092)	a CD	0,63 (0,110)	a AB	0,42 (0,063)	a C
Julho	0,50 (0,070)	a BCD	0,40 (0,076)	a B	0,46 (0,046)	a C
Agosto	0,41 (0,065)	a CD	0,61 (0,232)	a AB	0,83 (0,129)	a BC
Setembro	0,77 (0,105)	b ABC	0,77 (0,104)	b AB	1,91 (0,284)	a A
Outubro	0,54 (0,070)	b BCD	0,58 (0,098)	b AB	1,57 (0,167)	a AB
Novembro	0,98 (0,110)	b A	1,16 (0,215)	ab A	1,84 (0,250)	a A
Dezembro	0,83 (0,105)	b AB	0,97 (0,107)	b AB	2,01 (0,262)	a A
Janeiro	0,36 (0,045)	b D	0,59 (0,122)	b AB	1,76 (0,231)	a A
Fevereiro	0,51 (0,058)	b BCD	0,77 (0,125)	b AB	1,16 (0,111)	a BC
Março	1,00 (0,107)	b A	1,07 (0,089)	b A	1,56 (0,182)	a AB
Total Anual	7,47		8,96		14,70	
CV(%)	31		33		45	

* Médias de 10 repetições. Valores seguidos com mesma letra, minúscula na linha e, maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni (P<0,05). Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão. Legenda: FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Embora alguns autores, como LEITÃO-FILHO et al. (1993), destaquem o papel das espécies pioneiras na produção de serapilheira nos estádios iniciais, uma vez que investem abundantemente na produção de biomassa em curto espaço de tempo com grande renovação foliar, os valores de produção obtidos neste estudo não comprovaram o papel dessas espécies, sendo a maior produção na FEA.

Esse padrão de maior aporte em florestas em estádios avançados também foi verificado por outros autores (Tabela 6), como PEZZATTO & WISNIEWSKI (2006), estudando a produção de serapilheira em fases sucessionais distintas de uma floresta estacional semidecidual no oeste do Paraná, classificadas como capoeirinha, capoeira,

capoeirão e floresta secundária. Os autores observaram valores de serapilheira aportada (Tabela 6), próximos aos quantificados neste estudo, sendo os valores, também, crescentes em função do avanço sucessional das áreas.

Tabela 6. Produção de serapilheira em Florestas Estacionais Semidecíduas do Brasil.

Tipo de Floresta	Local	Serapilheira (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)
*Estacional Semidecídua Estádio Inicial		7,47
*Estacional Semidecídua Estádio Médio	Pinheiral, RJ	8,96
*Estacional Semidecídua Estádio Avançado		14,70
¹ Estacional Semidecídua Jovem		5,09
¹ Estacional Semidecídua Intermediária	Ouro Preto, MG	6,58
¹ Estacional Semidecídua Preservada		6,78
² Estacional Semidecídua Estádio Médio	Pinheiral, RJ	9,40;13,14;11,40;10,90
² Estacional Semidecídua Estádio Avançado		10,89;10,94;10,72; 11,10
³ Estacional Semidecídua Capoeirinha		9,59
³ Estacional Semidecídua Capoeira	Nova Prata do	10,07
³ Estacional Semidecídua Capoeirão	Iguaçu, PR	10,37
³ Estacional Semidecídua Preservada		11,70
⁴ Estacional Semidecídua Inicial	Viçosa, MG	6,31
⁴ Estacional Semidecídua Madura		8,82

Legenda: * Presente estudo; ¹Werneck et al. (2001); ²Toledo e Pereira (2004); ³Pezzato e Wisniewski (2006); ⁴Pinto (2008).

Como o observado em outras florestas estacionais semidecíduas, as áreas estudadas apresentaram diferenças na produção de serapilheira em função do avanço sucessional, ou seja, menores valores na FEI, intermediários para FEM e superiores para FEA. O maior valor de aporte na FEA pode ser atribuído ao maior número de espécies presentes nesta área (37), enquanto que nas áreas de FEM foram verificadas 10 e na FEI 7 espécies (MENEZES, 2008).

A maior diversidade na FEA, possivelmente, associada a uma maior densidade de indivíduos, pode estar influenciando em uma maior proporção de copa ocupada pelas espécies e consequentemente nos maiores valores de aporte nessa área (WERNECK et al., 2001). PEZZATTO & WISNIEWSKI (2006) sustentam essa hipótese, explicando que a maior produção de serapilheira pode estar relacionada ao fato da vegetação das áreas em estágio mais avançado de sucessão apresentarem uma dinâmica mais intensa, sendo esse padrão confirmado em seu estudo, uma vez que a área em estágio mais avançado, como a floresta secundária (36), apresentou maior número de espécies do que as áreas de capoeira (31) e capoeirinha (28).

A serapilheira aportada nas áreas de FEI e FEM, de maneira geral, distribuiu-se de forma homogênea durante o período avaliado, não constatando-se um padrão de deciduidade ao longo do ano. Os valores de deposição de serapilheira são apresentados na Tabela 5. Verifica-se que os menores valores do coeficiente de variação (CV %) ocorreram na área da FEI (31%) e (33%) na FEM, sendo esses superiores ao observado na FEA (45%).

Resultados semelhantes também foram observados por PEZZATTO & WISNIEWSKI (2006) para os estádios iniciais avaliados em seu estudo. Segundo os autores, o fato das áreas iniciais (capoeirinha e capoeira) não apresentarem meses com expressivos valores de aporte, pode estar relacionado com as características das espécies que dominaram essas áreas, como as espécies pioneiras *Aloysya virgata*, *Trema micrantha* e *Piper* sp., que apresentam perda de folhas mais uniforme ao longo do ano.

MENEZES (2008), realizando estudos nas mesmas áreas deste estudo verificou que as espécies pioneiras ocorreram com maior frequência nos estádios inicial (FEI) e médio (FEM), com destaque para a espécie *Clidemia urceolata* na FEI e *Cecropia adenopus* na FEM. Desse modo, a ocorrência dessas espécies nos estádios inicial e médio pode explicar a menor variação do aporte durante o ano nessas áreas, além das poucas diferenças significativas entre os meses, como os maiores valores em novembro e março.

Diferindo dessas áreas, no estádio avançado (FEA) verificaram-se dois períodos cujos valores de deposição foram estatisticamente diferentes, sendo maiores nos meses de setembro, novembro, dezembro e janeiro e menores entre os meses de abril a agosto.

Além da diferença entre os meses para a FEA, os valores de deposição entre as áreas também podem ser agrupados, estatisticamente, em dois períodos (Tabela 5): o primeiro de abril a agosto, no qual não foram observadas diferenças entre as áreas e o outro de setembro a março, período em que os valores foram estatisticamente maiores na FEA.

Esse padrão de maior deciduidade no final da estação seca, com início de maior aporte no mês de agosto, também foi observado por PINTO et al. (2008), estimando a produção de serapilheira em dois estádios sucessionais em Viçosa, Minas Gerais, e GOMES (2010) estimando o aporte de serapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica no Rio de Janeiro. Os autores observaram valores máximos de aporte entre os meses de setembro a dezembro.

A variação sazonal do aporte de serapilheira por estação é apresentada na Figura 14. Quando comparam-se os valores entre as estações para cada área de estudo, somente, constata-se diferença para a FEA, sendo o maior aporte na primavera ($1,49 \text{ Mg ha}^{-1}$) e o menor no outono ($0,53 \text{ Mg ha}^{-1}$). Para as demais áreas, apesar de não ter sido observada diferença entre as estações, houve uma tendência de maiores valores também na primavera.

Em relação ao aporte entre as áreas para cada estação, verificou-se diferença somente na área FEA, e as estações que mais expressaram os maiores valores foram à primavera e o verão. Na primavera, o valor de aporte para a FEA ($1,81 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi duas vezes maior que o observado nas áreas de FEM ($0,90 \text{ Mg ha}^{-1}$) e FEI ($0,78 \text{ Mg ha}^{-1}$). Já no verão, somente, verificou-se diferença entre as áreas de FEA ($1,49 \text{ Mg ha}^{-1}$) e FEI ($0,62 \text{ Mg ha}^{-1}$) com valores, também, duas vezes maiores para a FEA.

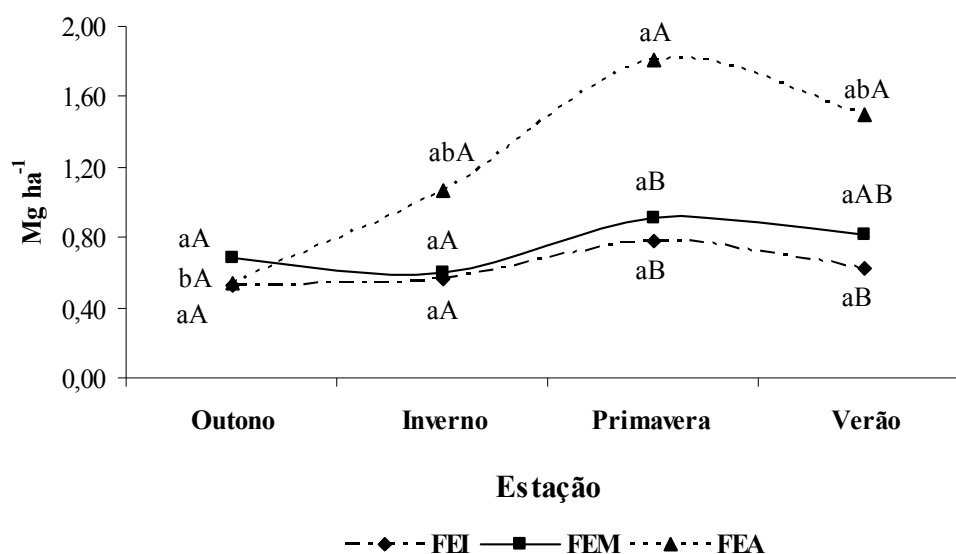


Figura 14. Produção média de serapilheira por estação do ano nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Letras minúsculas (comparação entre estações em cada área) e maiúsculas (comparação entre áreas para cada estação) diferentes apontam para diferenças significativas pelo teste t de Bonferroni ($P < 0,05$).

Trabalhos como os de WERNECK et al. (2001), VITAL et al. (2004), PEZZATTO & WISNIEWSKI (2006) e PINTO et al. (2008) desenvolvidos em florestas secundárias, corroboram o padrão de maior deposição de serapilheira na primavera, final da época seca. Os autores explicam a maior deciduidade no período seco devido à resposta da vegetação ao estresse hídrico, já que a queda das folhas reduziria a perda de água por transpiração.

No entanto, não é possível confirmar esta hipótese no presente estudo, pois as condições climáticas na primavera foram atípicas, quando se observaram valores expressivos de precipitação, como no mês de novembro, no qual verificou-se precipitação de 499 mm (Tabela 1). Em função do exposto, conclui-se que os maiores valores de aporte para a primavera, possivelmente, podem ser atribuídos a precipitação e a velocidade dos ventos, principalmente na forma de tempestades, atuando como fator mecânico e assim contribuindo com maior deposição de material nessa estação.

A influência da sazonalidade na deposição do material formador de serapilheira ao solo tem sido bastante discutida em florestas tropicais (DIAS & OLIVEIRA FILHO, 1997; TOLEDO & PEREIRA, 2004; PINTO et al. 2008; MENEZES, 2010).

Os valores de correlação entre o aporte mensal e as variáveis climáticas são apresentados na Tabela 7.

Na FEI, a produção de serapilheira correlacionou-se positivamente ($p < 0,05$) com a precipitação (0,498). Na FEM as relações significativas ($p < 0,05$) e positivas foram observadas para temperatura (0,568) e precipitação (0,628).

Já na floresta estágio avançado o aporte de serapilheira se correlacionou significativamente ($p < 0,05$) com todas as variáveis avaliadas. No entanto, constatou-se correlação negativa para a umidade relativa (-0,668). As demais variáveis correlacionaram positivamente com o aporte, como temperatura (0,749), precipitação (0,594) e velocidade dos ventos (0,521).

Tabela 7. Coeficiente de correlação de Pearson (r) e nível de significância (p) entre a serapilheira depositada e as variáveis climáticas, durante o período estudado, Pinheiral, RJ.

Áreas de estudo	Temperatura		Precipitação		Umidade Relativa		Velocidade dos Ventos	
	r	p	r	p	r	p	r	P
FEI	0,366	0,121	0,498	0,049	-0,211	0,255	0,114	0,362
FEM	0,568	0,027	0,628	0,014	-0,427	0,080	0,235	0,235
FEA	0,749	0,002	0,594	0,021	-0,668	0,009	0,521	0,041

Legenda: FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Das variáveis avaliadas, a umidade relativa foi a única variável ambiental que apresentou correlação negativa com o aporte de serapilheira, sendo esse padrão verificado em todas as áreas de estudo (Tabela 7). Portanto, as deposições de serapilheira, durante o período estudado, mesmo não apresentando correlação significativa, foram maiores quando a umidade relativa se apresentou baixa.

Segundo GONZALEZ & GALLARDO (1982) a temperatura e a precipitação são as variáveis que exercem a maior influência na quantidade de material aportado, e esse padrão foi corroborado no presente estudo, sendo a precipitação correlacionada positivamente com o aporte em todas as áreas avaliadas, assim como a temperatura que se correlacionou com o aporte nas áreas de FEM e FEI.

Com relação às frações da serapilheira, estudos como os de FIGUEIRA-FILHO et al. (2003), PAULA et al. (2009), MENEZES et al. (2010), demonstraram que as folhas são os principais constituintes, correspondendo com até 70% ou mais do material adicionado ao solo, o que evidencia a importância dessa fração na devolução de nutrientes ao piso florestal.

A partir do exposto, na Figura 15 é apresentada a contribuição relativa de cada fração da serapilheira (folha, material reprodutivo, ramo e outro) no aporte total.

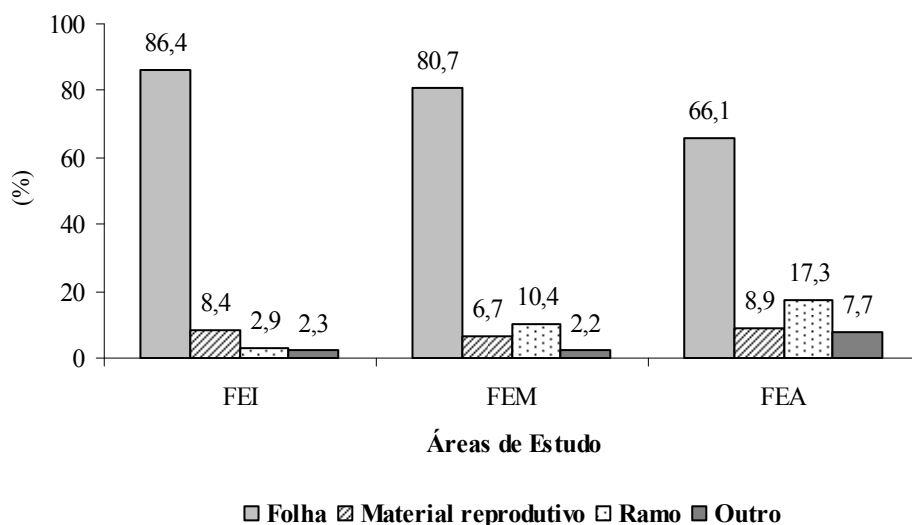


Figura 15. Valores percentuais das frações da serapilheira (folha, material reprodutivo, ramo e outro) em relação ao aporte total nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ.

Da mesma forma que o verificado pelos autores acima citados, houve predomínio da fração foliar, correspondendo a 86,4% do aporte para a área FEI; 80,7% para área FEM e 66,1% para área FEA (Figura 15), com maiores valores de deposição nos meses de março na FEI, setembro na FEM e outubro na FEA.

A percentagem da fração folhas (66%) na FEA encontra-se próxima aos observados em florestas semidecíduas em estádios avançados de sucessão: 77,7% (WERNECK et al., 2001), 72,0% (BARBOSA & FARIA, 2006) e 55,9% (PINTO et al., 2008). Já para as áreas de FEI e FEM, as quais apresentaram percentuais, respectivamente, de 86,4% e 80,7%, os valores são considerados altos, quando comparados com outras florestas em estádios iniciais de sucessão: 72,1% (WERNECK et al., 2001), 66% (BARBOSA & FARIA, 2006) e 64,6% (PINTO et al., 2008).

Com relação à fração “material reprodutivo”, o mês de maior produção foi novembro, para as três áreas avaliadas. Essa fração foi a segunda em contribuição para o aporte total na FEI, com 8,4%. Entretanto, esse padrão não foi observado para as áreas de FEM e FEA, cujos valores de aporte para esta fração foram, respectivamente, de 6,8% e 8,9%. Nessas áreas a segunda fração mais expressiva no aporte total de serapilheira foi a fração “ramos”, com valores de 10,4% na FEA e 17,3% na FEA, enquanto na área de FEI, essa fração correspondeu a apenas 2,8%.

A fração “outros” (materiais não-identificáveis) foi a fração na qual verificou-se a menor contribuição de material no aporte total, em todas as áreas avaliadas, com valores de 2,3% na FEI, 2,2% na FEM e 7,7% na FEA.

A maior contribuição da fração “material reprodutivo” na área de FEI pode estar relacionada com o predomínio de espécies da família Melastomataceae, responsáveis por uma intensa deposição de flores e frutos durante o período avaliado. Esse padrão também foi verificado por MENEZES et al. (2010) nas mesmas áreas de estudo. Entretanto, os autores observaram maior contribuição da fração “material reprodutivo” nos meses de dezembro e janeiro.

A contribuição da fração “ramos”, como segunda a mais contribuir no aporte total, nas áreas de FEM e FEA, segue o padrão de outros estudos, como os de BARBOSA & FARIA (2006), VIDAL et al. (2007), PINTO et al. (2008), GOMES et al. (2010) e MENEZES (2010). A época de maior produção dessa fração, no fim da estiagem e as fortes chuvas que marcam o início do período úmido, como observada no presente estudo, também foi constatada por VIDAL et al. (2007), estimando a produção de serapilheira em fragmentos de Mata Atlântica de diferentes tamanhos em Ibiúna, São Paulo. Os autores verificaram maiores produções da fração “ramos” nos meses de setembro e outubro, meses nos quais ocorreram as primeiras chuvas fortes após a estação seca, e assim promoveram a queda de muitos ramos secos, que ainda permaneciam na planta.

De maneira geral, verificou-se que a participação da fração “folhas” no total aportado diminuiu, ao passo que o das outras frações aumentou em função do avanço da sucessão (Figura 15). Resultados semelhantes também foram observados por PEZZATTO & WISNIEWSKI (2006), e segundo GUARIGUATA & OSTERTAG (2001) nos estádios iniciais a produção da biomassa é preferencialmente alocada para formação de tecidos foliares, ao contrário dos estádios avançados de sucessão em que é predominantemente alocada para formação de material lenhoso. Assim, a predominância de determinada fração em distintos estádios sucessionais a tornará mais disponível à queda para a formação da serapilheira naquele estádio.

3.2. Aporte de Nutrientes pela Serapilheira

Dos nutrientes avaliados, o N foi o elemento que apresentou a menor variação temporal ao longo do ano, com coeficientes de variação (CV%) menores que 11% para as três áreas avaliadas (Tabela 8). Os demais elementos, de maneira geral, apresentaram altas variações, com valores acima de 20%, com destaque para o P, cujas variações observadas (Tabela 8) foram de 40,8% para as áreas de FEI e FEM e 28,2% para a FEA.

Padrão similar de variação temporal, também foi verificado por VITAL et al. (2004) e PINTO et al. (2009), ambos, avaliando a ciclagem de nutrientes em florestas estacionais semidecíduas. Assim, como no presente estudo, os autores observaram menores CV% para o N, com valores menores que 10%. Entretanto, as maiores variações verificadas por esses autores foram para o K, sendo os valores próximos a 40%. Os maiores valores de CV% para o K podem ser decorrentes da maior facilidade que esse elemento apresenta no tocante à lixiviação.

Tabela 8. Teor de macronutrientes* (g kg⁻¹) da serapilheira nas áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.

Mês	N			P			K			Ca			Mg		
	FEI	FEM	FEA	FEI	FEM	FEA	FEI	FEM	FEA	FEI	FEM	FEA	FEI	FEM	FEA
	------(g kg ⁻¹)-----														
Abril	19,32	19,67	40,61	1,29	0,94	2,31	5,47	6,12	6,13	32,43	37,13	22,10	3,75	3,86	3,49
Mai	19,64	19,79	36,86	1,63	1,35	2,82	6,09	7,31	6,39	35,02	44,60	18,89	2,98	3,78	3,20
Junho	21,20	20,45	40,22	1,51	1,16	2,75	7,62	8,54	6,70	28,75	37,27	19,08	3,04	4,73	3,63
Julho	22,76	26,44	41,83	1,23	1,29	1,19	7,92	9,76	8,54	29,12	30,08	19,95	3,78	3,55	4,16
Agosto	24,11	21,80	39,53	1,03	1,00	1,80	7,01	9,15	5,48	28,66	31,31	11,77	3,03	5,11	2,88
Setembro	21,47	23,87	37,67	1,03	1,83	1,39	6,39	7,01	4,56	26,18	30,87	16,01	3,53	4,73	4,27
Outubro	24,05	24,86	45,28	2,43	2,08	2,50	6,39	7,31	6,39	18,74	21,42	17,08	2,10	2,93	4,91
Novembro	28,30	26,35	44,35	3,52	3,52	2,15	5,48	5,17	3,95	17,23	19,67	21,18	2,69	3,51	5,15
Dezembro	25,51	22,34	40,10	1,93	2,34	2,05	4,46	3,95	3,45	17,76	17,50	15,58	1,61	2,16	3,59
Janeiro	23,84	23,48	41,71	2,82	2,34	3,18	3,62	3,62	3,62	17,87	19,01	14,82	1,81	3,37	4,03
Fevereiro	23,36	20,63	43,99	2,59	1,99	2,78	3,62	3,78	3,78	16,71	24,21	16,52	2,29	4,22	5,10
Março	23,12	22,25	46,15	2,34	2,50	3,26	3,95	4,12	3,62	21,70	21,01	17,47	4,23	5,65	5,10
X ¹	23,06	22,66	41,53	1,95	1,86	2,35	5,67	6,32	5,22	24,18	27,84	17,54	2,90	3,97	4,13
CV (%) ²	10,78	10,48	7,07	40,82	40,79	28,17	26,50	34,66	31,25	27,20	31,30	16,52	28,61	24,58	19,29
P (<0,05) ³	B	B	A	A	A	A	A	A	A	AB	A	B	B	A	A

*Médias de cinco repetições. Legenda: ¹ Média; ² Coeficiente de variação; ³ Valores seguidos de mesma letra na linha para cada elemento não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni (P<0,05); FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Nos estudos de VITAL et al. (2004), estimando a produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária, São Paulo, os meses em que se observaram as menores concentrações de K, no material aportado, foram aqueles nos quais a precipitação pluviométrica foi maior, influenciando dessa forma no alto CV% para esse elemento. Os menores teores de K neste estudo (Tabela 8) também foram menores nos meses em que a precipitação foi maior (Tabela 1), com início de decaimento das concentrações em setembro.

Os menores coeficientes de variação para os nutrientes, de maneira geral, foram observados para a FEA. Diferindo desses resultados, PINTO et al. (2009) estimando a produção de serapilheira em dois estádios sucessionais em Viçosa, Minas Gerais, não observaram um padrão de variação para as áreas avaliadas, constatando-se menores variações de N e Ca para a floresta inicial e valores inferiores para os elementos P, K e Mg na floresta madura.

Os menores valores de K, nos meses com maior precipitação, devem-se ao fato de que esse elemento não faz parte de nenhuma estrutura vegetal e, desse modo, maior a susceptibilidade à sua lixiviação via lavagem das folhas e da serapilheira nos meses de maior precipitação (NEVES, 2000). Confirmando essa hipótese, observa-se uma tendência de maiores teores médios nas áreas de FEI e FEM, quando comparados com a área de FEA (Tabela 8). Esse fato pode ser atribuído ao material que forma a serapilheira, cujas folhas, das áreas de FEI e FEM por apresentarem textura coriácea, dificultam a fragmentação e decomposição do material e, conseqüentemente, a liberação desse elemento.

Além da dinâmica desse nutriente, verificou-se que os teores de Ca foram mais expressivos, também, nas áreas de FEI e FEM, e além desse elemento, os teores de Mg foram bem próximos entre as florestas de FEM e FEA, as quais não diferiram. Os menores valores desses nutrientes na FEA devem-se provavelmente, à imobilização dessas bases em espécies arbóreas de maior porte, como as verificadas nesse estágio sucessional, sendo os elementos estocados principalmente nos compartimentos de maior biomassa vegetal como os troncos (SMITH, 1996; SILVA, 1998; MENEZES, 2008).

Outra forma de expressar as concentrações dos elementos da serapilheira é através do conteúdo de nutrientes, que é a relação entre o teor e a massa aportada. Na Tabela 9, são apresentados o conteúdo de nutrientes aportados durante o ano de estudo.

Observou-se que, de maneira geral, os macronutrientes foram estatisticamente superiores na FEA. Entretanto, quando se comparam as áreas de FEM e FEI não verificaram-se diferenças significativas, contudo há uma tendência de maiores valores na FEM.

Tabela 9. Conteúdo de macronutrientes* (kg ha⁻¹) da serapilheira nas áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.

Mês	N			P			K			Ca			Mg		
	FEI	FEM	FEA	FEI	FEM	FEA	FEI	FEM	FEA	FEI	FEM	FEA	FEI	FEM	FEA
	------(kg ha ⁻¹)-----														
Abril	12,55	14,36	26,39	0,84	0,69	1,50	3,55	4,46	3,98	21,08	27,11	14,37	2,44	2,82	2,27
Mai	8,05	13,26	19,54	0,67	0,91	1,49	2,50	4,90	3,39	14,36	29,88	10,01	1,22	2,54	1,69
Junho	10,81	12,88	16,89	0,77	0,73	1,16	3,89	5,38	2,81	14,66	23,48	8,02	1,55	2,98	1,53
Julho	11,38	10,58	19,24	0,61	0,52	0,55	3,96	3,90	3,93	14,56	12,03	9,18	1,89	1,42	1,92
Agosto	9,88	13,30	32,81	0,42	0,61	1,49	2,87	5,58	4,54	11,75	19,10	9,77	1,24	3,12	2,39
Setembro	16,53	18,38	71,95	0,80	1,41	2,65	4,92	5,39	8,70	20,16	23,77	30,57	2,72	3,64	8,16
Outubro	12,99	14,42	71,09	1,31	1,21	3,92	3,45	4,24	10,04	10,12	12,43	26,81	1,14	1,70	7,71
Novembro	27,73	30,57	81,60	3,45	4,08	3,95	5,37	6,00	7,26	16,89	22,81	38,97	2,64	4,07	9,48
Dezembro	21,18	21,67	80,60	1,60	2,27	4,13	3,70	3,83	6,94	14,74	16,98	31,32	1,34	2,10	7,21
Janeiro	8,58	13,85	73,42	1,01	1,38	5,60	1,30	2,13	6,37	6,43	11,21	26,08	0,65	1,99	7,09
Fevereiro	11,91	15,89	51,03	1,32	1,53	3,23	1,84	2,91	4,39	8,52	18,64	19,16	1,17	3,25	5,92
Março	23,12	23,81	71,99	2,34	2,67	5,09	3,95	4,40	5,64	21,70	22,48	27,25	4,23	6,04	7,96
TOTAL ¹	174,72	202,96	616,55	15,14	18,00	34,75	41,31	53,14	68,00	174,98	239,93	251,49	22,22	35,67	63,33
X ²	14,56	16,91	51,38	1,26	1,50	2,90	3,44	4,43	5,67	14,58	19,99	20,96	1,85	2,97	5,28
P (< 0,05) ³	B	B	A	B	B	A	B	B	A	A	A	A	B	B	A

*Médias de cinco repetições. Legenda: ¹Total anual. ²Média. ³Valores seguidos de mesma letra na linha, para cada elemento, não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni (P<0,05), FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Dos nutrientes aportados no solo, destaca-se o N na FEA, com retorno anual de 616,55 kg ha⁻¹, sendo o valor médio (51,38 kg ha⁻¹) estatisticamente superior que as áreas de FEI (14,56 kg ha⁻¹) e FEM (16,91 kg ha⁻¹). Os maiores valores de N na FEA se devem, provavelmente, à composição florística da área onde foi observado por MENEZES (2008) maior número de espécies da família Leguminosae. Essas espécies, possivelmente, pela sua capacidade de fixação biológica de N (FRANCO et al., 1992) podem ter contribuído com uma maior entrada desse elemento nesse sistema florestal.

Nas áreas de FEI e FEM, o nutriente que apresentou as maiores concentrações no aporte total anual foi o Ca, com valores de 175 kg ha⁻¹ na FEI e 240 kg ha⁻¹. Entretanto, quando se comparam os valores médios entre as áreas (14,58 kg ha⁻¹ mês⁻¹ na FEI, 19,99 kg ha⁻¹ mês⁻¹ na FEM e 20,96 kg ha⁻¹ mês⁻¹ na FEA), verifica-se que esse elemento foi o único no qual não observaram-se diferenças.

De todos os nutrientes avaliados, o P foi o que contribuiu com menores valores em todas as áreas de estudo, demonstrando assim ser o mais limitante. Entretanto, quando comparam-se os valores médios entre as áreas, observam-se maiores valores na área FEA. Resultados similares foram verificados por PINTO et al. (2009) estudando florestas em estágio inicial e maduro. Os autores verificaram que o P apresentou a menor concentração dos nutrientes avaliados, sendo essa concentração, ainda, menor na área de floresta inicial. Diferindo dos resultados observados neste estudo e por PINTO et al. (2009), REICH et al. (1995) estudando gradientes sucessionais sob solos com baixa fertilidade natural na Amazônia e MENEZES (2008), avaliando os aportes e transformações da serapilheira em Pinheiral, Rio de Janeiro, não observaram diferenças para os conteúdos de P nos diferentes estádios das florestas.

O conteúdo total anual de nutrientes aportados pela serapilheira, em ordem decrescente, apresentado em valores percentuais foi de: N > Ca > K > Mg > P para a FEA; Ca > N > K > Mg > P para a FEM; e Ca > N > K > Mg > P para a FEI.

A ordem de transferência de nutrientes via serapilheira, para a FEA, segue os padrões observados por DOMINGOS et al. (1997), VITAL et al. (2004), BARBOSA & FARIA (2006) e PINTO et al. (2009). Entretanto, nas áreas de FEI e FEM não foi verificado esse padrão, sendo esse padrão similar ao verificado por BARBOSA & FARIA (2006), num reflorestamento em Poço das Antas, Rio de Janeiro.

3.3. Estoque de Serapilheira e de Nutrientes na Serapilheira do Solo

Da mesma forma que o observado para o aporte, maiores quantidades totais de serapilheira acumulada, foram quantificadas na área de FEA, contribuindo com 17,5 Mg ha⁻¹ (Tabela 10), também não foram observadas diferenças entre as áreas de FEI (4,71 Mg ha⁻¹) e FEM (7,66 Mg ha⁻¹).

Tabela 10. Estoque total de serapilheira* (Mg ha^{-1}) e das diferentes frações, Pinheiral, RJ.

Áreas de estudo	Estoque total de serapilheira	$F \geq 8$ mm	$8 > F \geq 4$ mm	$4 > F \geq 2$ mm	$F < 2$ mm
FEI	4,70 B	2,92 C a	0,87 B b	0,34 B b	0,57 B b
FEM	7,66 B	4,34 B a	1,53 B b	0,71 B c	1,08 B bc
FEA	17,50 A	8,79 A a	3,41 A b	2,05 A b	3,25 A b

*Médias de 10 repetições. Valores seguidos da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste t de Bonferroni ($P < 0,05$). Legenda: FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Apresentando o mesmo padrão ao observado para o aporte, os maiores valores do estoque total de serapilheira na área de FEA podem ser decorrentes da maior densidade de indivíduos e maior número de espécies observadas na área, características de estágio avançado de sucessão. Contribuindo desta forma, com uma maior adição de material vegetal ao solo e, conseqüentemente, com o seu acúmulo.

As frações do estoque, aqui representadas pelo tamanho do material, seguiram o padrão de maior valor para a FEA, e mesmo não diferindo entre as áreas de FEM e FEI, também, seguiram o padrão de aumento em seus valores conforme se avança o estágio sucessional das florestas.

Em relação ao estoque de serapilheira entre as frações para cada área, somente, verificou-se diferença para a $F \geq 8$ mm, esse padrão foi verificado nas três áreas. A fração ≥ 2 e < 4 mm, representou a menor contribuição no estoque total.

Quando se compara a contribuição relativa de cada fração no estoque total (Figura 16), observa-se que na FEI a participação da $F \geq 8$ mm foi ligeiramente maior que na FEM e 14% maior que na FEA. No entanto, na FEA verificou-se que a $F < 2$ mm, contribuiu com a maior composição do que as outras áreas, sendo 4 % maior que a FEM e 6% maior que a FEI.

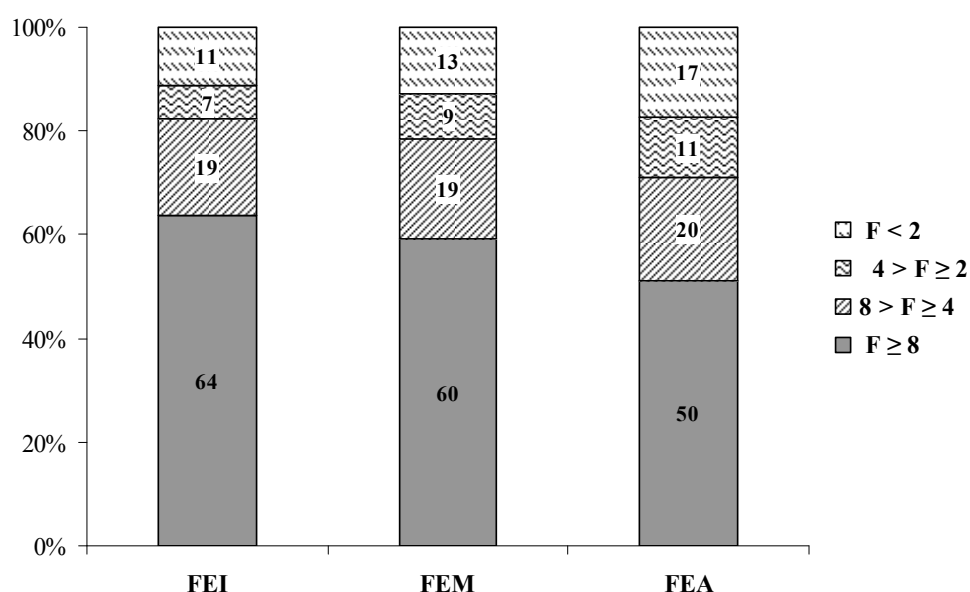


Figura 16. Contribuição relativa (%) de cada fração em relação ao estoque total de serapilheira nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ.

Os menores valores da contribuição relativa da $F \geq 8$ mm para a FEA, assim como a maior contribuição da $F < 2$ mm, podem ser decorrentes da maior diversidade de espécies nessa área, contribuindo com material vegetal de diferentes tamanhos. Nessa floresta observa-se grande número de indivíduos da espécie *Anadenanthera macrocarpa*. Essa espécie possui folhas de pequenos tamanhos “folíolos” que, possivelmente, ao serem separados nas peneiras, passaram pela peneira de malha ≥ 8 mm, sendo depositados na peneira de malha < 2 . Isso pode explicar a menor composição relativa do estoque na FEA para a peneira de malha ≥ 8 mm, e a maior composição na peneira de malha < 2 mm. Outra explicação, para a menor composição relativa da fração ≥ 8 mm na FEA pode ser decorrente da maior velocidade de decomposição nessa floresta que foi maior devido à melhor qualidade do material, conforme relatado anteriormente.

Além dos macronutrientes verificados no aporte, na Tabela 11 são apresentados o conteúdo dos macronutrientes, do carbono orgânico e a relação C:N da serapilheira do estoque. Os teores de C foram maiores para a FEA, para a $F \geq 8$ mm. Para as demais frações a floresta avançada, apenas, diferiu da FEI.

Os maiores valores da relação C/N foram observados na área FEI, seguida por FEM e FEA para todas as frações avaliadas. Menores valores da relação C/N na FEA devem-se à composição florística observada na área, conforme relatado por MENEZES (2008). O autor verificou um grande número de espécies da família Leguminosae (Fabaceae), correspondendo a 25% do total de indivíduos amostrados, com destaque para a espécie *Anadenanthera macrocarpa* com 14% do total. Segundo o autor os representantes dessa família possuem reconhecida capacidade de adicionar N via fixação biológica (FRANCO et al., 1992) o que possivelmente contribuiu para maior entrada de N nesse sistema florestal e assim nos menores valores da relação.

A hipótese de maior conteúdo de N na FEA devido ao maior número de espécies da família Leguminosae, pode ser confirmada através dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ verificados na área de FEA (5,35%), os quais foram estatisticamente superiores ($P < 0,01$) aos observados nas áreas de FEM (0,79%) e FEI (0,63%). Estudando a ciclagem de nitrogênio em uma cronossequência formada por florestas restauradas e naturais em São Paulo, AMAZONAS

(2010) verificou maiores valores de $\delta^{15}\text{N}$ foliar na floresta natural (3,47%), com valor cinco vezes maior que a floresta restaurada de 21 anos (0,69%) e três vezes maior que a floresta de 52 anos (1,08), padrão semelhante ao observado neste estudo.

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ para a FEA (5,35%) são considerados altos quando comparados com outras florestas tropicais em estádios mais avançados, como os valores observados por MARTINELLI et al. (1999) (3,70%) e AMAZONAS (2010) (3,57%). Maiores valores de $\delta^{15}\text{N}$ foliar são indicativos de maior disponibilidade de N, associada a maiores perdas (CRAINE et al., 2009). Esse fato pode ser observado neste estudo, onde os maiores conteúdos de N foram verificados na FEA.

O conteúdo dos nutrientes das diferentes frações, de maneira geral, seguiu o mesmo padrão do observado para o conteúdo dos nutrientes do aporte, com maiores valores para FEA, seguido por FEM e FEI. O teor de macronutrientes na serapilheira acumulada seguiu a mesma distribuição observada para o conteúdo de nutrientes oriundos do aporte: FEA: $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$; FEM: $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$; e FEI: $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{P} > \text{Mg}$.

Com relação ao conteúdo de nutrientes entre as frações para cada área, verificou-se que para todos os nutrientes e áreas, de maneira geral, os maiores valores foram observados para a fração ≥ 8 mm. Para demais frações não verificaram-se diferenças. Contudo, observa-se uma tendência de maiores valores de P, K, Ca e Mg, para as frações < 2 mm, quando comparada com a fração ≥ 2 e < 4 mm.

O teor e conteúdo de nutrientes verificados no aporte e no estoque, de maneira geral, apresentaram um padrão de transferência, observando-se que a serapilheira foi a principal via de transferência de N, Ca e K para o solo, demonstrando assim a importância da serapilheira no processo de ciclagem biogeoquímica desses nutrientes em sítios florestais.

Tabela 11. Conteúdo de carbono e macronutrientes* (kg ha⁻¹) das diferentes frações da serapilheira acumulada, Pinheiral, RJ.

Áreas de estudo	F ≥ 8 mm		8 > F ≥ 4 mm		4 > F ≥ 2 mm		F < 2mm		SOMA				
	Carbono (kg ha ⁻¹)												
FEI	417,87	B	a	76,78	B	b	27,64	B	b	33,91	B	b	556,20
FEM	485,82	B	a	136,14	AB	b	68,12	AB	b	90,55	AB	b	780,63
FEA	1693,31	A	a	228,84	A	b	152,81	A	b	252,89	A	b	2327,85
Nitrogênio (kg ha ⁻¹)													
FEI	26,88	B	a	6,13	B	b	3,05	B	b	4,37	B	b	40,43
FEM	46,49	B	a	18,70	B	b	9,88	B	b	13,16	AB	b	88,23
FEA	163,34	A	a	47,96	A	b	32,98	A	b	37,99	A	b	282,27
Relação C:N													
FEI	18,07	A	a	12,30	A	b	9,99	A	bc	8,11	A	c	48,23
FEM	13,32	AB	a	7,38	B	a	9,32	A	a	7,48	A	a	36,77
FEA	10,47	B	a	4,82	C	b	4,45	A	b	6,55	A	b	25,48
Fósforo (kg ha ⁻¹)													
FEI	3,23	C	a	0,95	B	b	0,44	B	b	0,70	B	b	5,32
FEM	5,73	B	a	2,23	B	b	1,18	B	b	1,80	AB	b	10,94
FEA	12,37	A	a	4,88	A	b	3,45	A	b	4,60	A	b	25,30
Potássio (kg ha ⁻¹)													
FEI	9,63	A	a	4,10	B	b	2,15	B	b	3,42	A	b	19,30
FEM	7,08	A	a	5,96	B	a	2,49	B	a	4,91	A	a	20,44
FEA	10,81	A	b	17,75	A	a	7,96	A	b	5,23	A	b	41,75
Cálcio (kg ha ⁻¹)													
FEI	40,78	C	a	6,96	B	b	3,10	B	b	3,70	B	b	54,54
FEM	66,81	B	a	19,64	B	b	10,22	B	b	12,60	AB	b	109,27
FEA	134,76	A	a	33,95	A	b	21,93	A	b	28,00	A	b	218,64
Magnésio (kg ha ⁻¹)													
FEI	0,65	C	a	0,58	B	a	0,27	B	a	0,51	B	a	2,01
FEM	10,41	B	a	3,28	A	b	1,51	A	b	2,30	A	b	17,50
FEA	21,03	A	a	4,21	A	b	1,89	A	b	2,44	A	b	29,57

*Médias de cinco repetições. Valores seguidos da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada elemento, não diferem estatisticamente pelo teste t de Bonferroni (P<0,05). Legenda: FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

3.4. Decomposição do Material Foliar

O percentual de massa foliar remanescente após os 120 dias de estudo é apresentado na Tabela 12. Após 15 dias de permanência no campo, aproximadamente, 15% do material foliar foi decomposto na área FEA, enquanto nas outras áreas, nesse mesmo intervalo, apenas, 10% do material foi degradado. Esse fato, também foi observado aos 30 dias, sendo constatada perda de massa de 15, 10 e 10%, respectivamente para as áreas de FEA, FEM e FEI.

Após 30 dias, não foram observadas perdas expressivas de material, e aos 120 dias, após o término das avaliações, o percentual de massa remanescente foi de 72% na FEI, 61,8% na FEM e 56% na FEA.

Tabela 12. Percentual* de massa remanescente da fração foliar nos intervalos de dias, Pinheiral, RJ.

Dias	Áreas de estudo		
	FEI	FEM	FEA
% de massa remanescente			
15	91,0	89,0	86,5
30	80,4	80,2	73,6
72	79,5	79,8	71,9
97	79,4	72,8	58,0
120	72,0	61,8	56,0

*Médias de cinco repetições. Legenda: FEI - Floresta estádio inicial; FEM - Floresta estádio médio; FEA - Floresta estádio avançado.

Resultados semelhantes, quanto à maior taxa de decomposição no primeiro mês de estudo, também, foram observados por PAULA et al. (2009) avaliando o aporte e decomposição da serapilheira em três áreas de floresta periodicamente inundáveis na Ilha da Marambaia, RJ. Segundo os autores, a rápida decomposição ocorrida no primeiro mês foi atribuída ao material que estava mais palatável aos organismos saprófagos nesse período.

Na Tabela 13 são apresentados os valores da constante de decomposição (K) e o tempo de meia vida ($T^{1/2}$), durante o período de avaliação.

Foi observado para a FEA o maior valor da constante de decomposição ($K = 0,0046 \text{ g g}^{-1}$; $p < 0,05$; $R^2: 0,76$), seguido pela FEM ($K = 0,0033 \text{ g g}^{-1}$; $p < 0,05$; $R^2: 0,88$) e FEI ($K = 0,0022 \text{ g g}^{-1}$; $p < 0,05$; $R^2: 0,87$). Os valores do tempo de meia vida, ou seja, tempo no qual metade do material foliar é decomposto foram menores para FEA (151 dias) seguido pela FEM (217) e FEI (315 dias).

Tabela 13. Valores da constante de decomposição (K), tempo de meia vida ($t^{1/2}$), coeficiente de determinação (R^2) e probabilidade (P), Pinheiral, RJ.

Áreas de estudo	Constante K ($g\ g^{-1}\ dia^{-1}$)	$T^{1/2}$	R^2	P
FEI	0,0022	315	0,76	0,023
FEM	0,0033	217	0,88	0,005
FEA	0,0046	151	0,87	0,006

Legenda: FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

O tempo de meia vida para as áreas FEM e FEA foi próximo dos observados por PAULA et al. (2009) e MENEZES et al. (2010), os quais verificaram valores entre 108 e 247 dias. Diferindo desses resultados, na FEI observou-se maior tempo de meia vida 315 dias.

Uma possível explicação para a menor taxa de decomposição e conseqüente maior tempo de meia vida para essa área, pode ser atribuído à composição de espécies. Na área verifica-se um maior número de indivíduos da família Melastomataceae, principalmente da espécie *Clidemia urceolata*, a qual apresenta folhas com elevada quantidade de tricomas, o que pode estar dificultando a fragmentação do material aportado e conseqüentemente a sua decomposição.

A Figura 17 representa a curva de decomposição ao longo do período de estudo. Observa-se que, de maneira geral, a decomposição do material foliar seguiu um padrão de decaimento exponencial, com maiores valores de decomposição nas áreas em estágio de sucessão mais avançado (FEM e FEA).

Os maiores valores de decomposição na FEA podem ser atribuídos ao microclima favorável, conforme relatado por MACHADO et al. (2010), devido ao avançado processo de recuperação (apresentando um dossel relativamente fechado, com a presença de sub-bosque, e assim, possivelmente acumulando maiores valores de serapilheira no solo). Essa condição favorável de microclima preserva a água disponível, reduzindo as variações da temperatura do sistema serapilheira-solo, que, por sua vez, pode estar favorecendo a colonização e desenvolvimento da fauna edáfica na FEA, e conseqüentemente a maior decomposição do material foliar.

Outra possível explicação para as maiores taxas de decomposição na FEA pode estar relacionada à qualidade do material foliar, o qual apresentou, de maneira geral, maiores teores e conteúdos médios de N, P, K, Ca e Mg e também menor relação C/N.

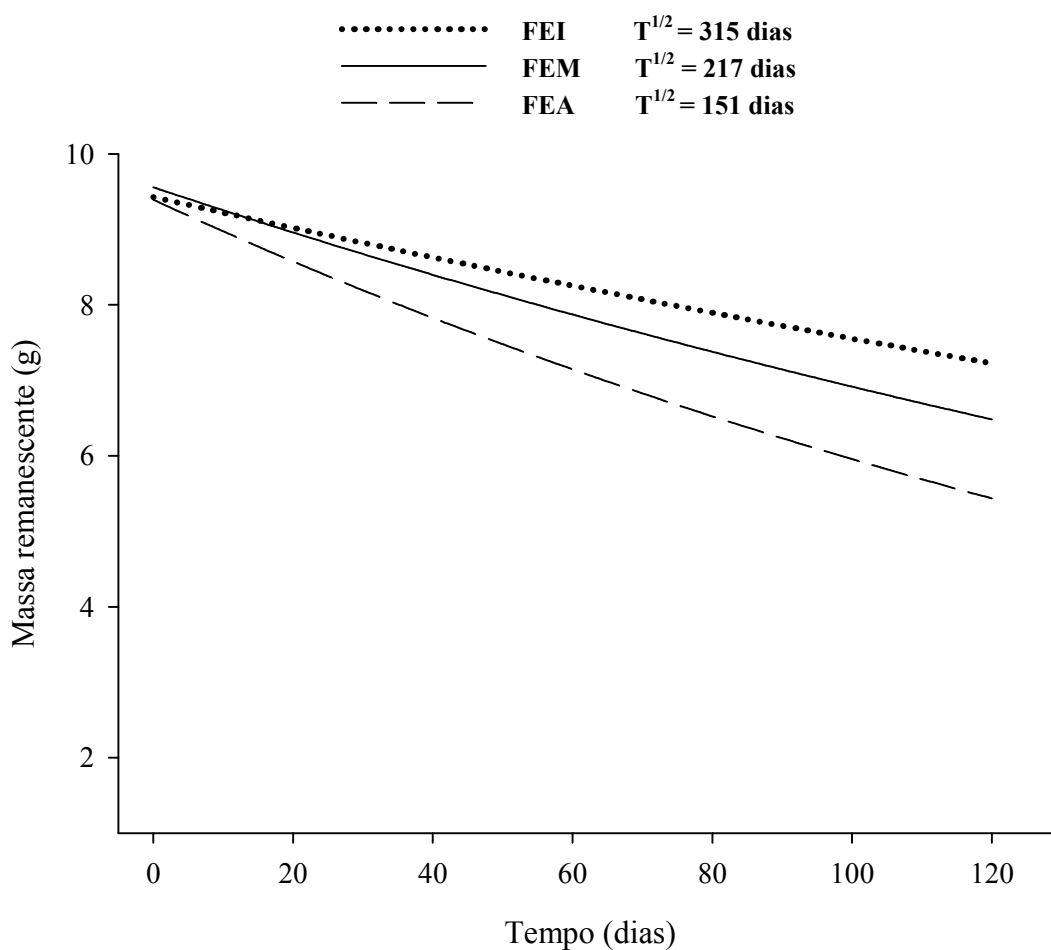


Figura 17. Curva de decomposição do material foliar nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ.

Os resultados de maior taxa de decomposição em florestas em estágios mais avançados também foram verificados por PINTO et al. (2009) estudando florestas inicial e madura, em Viçosa, Minas Gerais e MENEZES et al. (2010) avaliando três estágios sucessionais em Pinheiral, Rio de Janeiro.

Os autores atribuíram às maiores taxas de decomposição na floresta madura à qualidade do material foliar, em que observaram maiores teores de P, K e Ca (PINTO et al., 2009). Já, MENEZES et al. (2010) destacam que a maior decomposição observada na floresta em estágio avançado, quando comparada com áreas de floresta em estágio inicial e médio, deve-se ao microclima que a vegetação densa e diversificada proporcionou para a atividade da macrofauna invertebrada do solo, influenciando dessa forma no processo de decomposição do material foliar.

4. CONCLUSÕES

A produção e o estoque de serapilheira foram superiores no estágio avançado, refletindo em parte, a estrutura menos desenvolvida dos estádios médio e inicial.

A serapilheira depositada ao longo do ano distribuiu-se de forma mais homogênea nas áreas em estágio inicial e médio. No estágio avançado, verificaram-se dois períodos sendo maior entre setembro e janeiro e menor entre abril e agosto, refletindo desta forma na variação estacional expressiva no estágio avançado, o qual apresentou maiores valores na estação primavera, final do período seco.

O aumento dos valores de precipitação e temperatura exerceram a maior influência na quantidade de material aportado.

A fração folhas representou a maior percentagem da serapilheira depositada em todas as áreas avaliadas no aporte, assim como a $F \geq 8$ mm no estoque.

O estágio sucessional avançado apresentou serapilheira com melhor qualidade, na qual verificaram os maiores valores de teores e conteúdos de nutrientes, tanto para o aporte quanto para o estoque.

A taxa de decomposição do material foliar não foi influenciada apenas pela qualidade do material com relação ao teor de nutrientes, mas também pelas características morfológicas desse material, bem como pela qualidade do ambiente, verificando-se menor velocidade de decomposição à medida que avança o estágio sucessional da floresta.

Diante do exposto, o aporte e estoque de serapilheira apresentaram-se como potenciais indicadores da qualidade do ambiente, refletindo nos melhores valores dos atributos da serapilheira em função do avanço sucessional das áreas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAZONAS, N.T. **Ciclagem do nitrogênio em uma cronossequência formada por florestas restauradas e floresta natural**. Piracicaba. 2010. 93p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2010.

ANDERSON, J. D.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods**. 2nd ed, 1996. 171p.

ARATO, H.D.; MARTINS, S.V.; FERRARI, S.H.S. de. Produção e decomposição de serapilheira em um Sistema Agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.715-721, 2003.

ARAÚJO, R. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; MACHADO, M. R.; PEREIRA, M. G.; FRAZÃO, F. J. Deposição de Serapilheira em Três Modelos de Revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Revista Floresta e Ambiente**, UFRRJ, v.12, n.2, 2005.

BARBOSA, J.H.C. & FARIA, S.M. Aporte de serapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia** v. 57, n. 3, p. 461-476, 2006.

BARLOW, A.J.; GARDNER, T.A.; FERREIRA, L.V.; PERES, C.A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 247, p. 91-97, 2007.

BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V.; VACCARO, S.; SPATHELF, P. Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, p. 277-285, 2001.

CÉSAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi (SP). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 53, n. 4, p. 671-681, 1993.

CIANCIARUSO, M.C.; PIRES, J.S.R.; DELITTI, W.B.C.; SILVA, E.F.L.P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v.20, p. 49-59, 2006.

CORREIA, M.E.F; ANDRADE, A.G. **Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes**. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A. de. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Rev. e atual. - Porto Alegre: Metrópole. p.137-158, 2008.

CRAINE, J. M.; ELMORE, A. J.; AIDAR, M. P. M.; BUSTAMANTE, M.; DAWSON, T.E.; HOBBIE, E. A.; KAHMEN, A; MACK, M. C.; McLAUHLAN, K. K.; MICHELSEN, A.; NARDOTO, G. B.; PARDO, L. H.; PENUELAS, J.; REICH, P. B.; SCHUUR, E. A. G.; STOCK, W. D.; TEMPLER, P. H.; VIRGINIA, R. A.; WELKER, J. M.; WRIGHT, I J. Global foliar nitrogen isotopes and their relationships with climate, mycorrhizal fungi, foliar nutrient concentrations, and nitrogen availability. **New Phytologist**, Lancaster, vX, nX, p. 1-13, 2009.

DIAS, H.C.T.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de Floresta Estacional Semidecídua Montana em Lavras - MG. **Revista Árvore**, v.21, n.1, p.11-26, 1997.

DIAS. H.C.T.; FIGUEIRA, M.D.; SILVEIRA, V.; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. de & SCOLFORO, J.R.S. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. **Cerne**, v.8, p.1-16, 2002.

DICKOW, K. M. C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Mata Atlântica, Antonina, PR**. 2010. 215p. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Paraná, PR, 2010.

DOMINGOS, M.; MORAES, R. M de; VUONO, Y. S. de; ANSELMO, C. E. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes em um trecho de Mata Atlântica secundária, na Reserva Biológica de Paranapiacaba, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 91-96, jun., 1997.

EWEL, J. J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **Journal of Ecology**, v. 64, p. 293-308, 1976.

FERREIRA, D. F. SISVAR 4. 6 Sistema de Análises Estatísticas. Lavras: UFLA, 2003.

FIGUEIREDO-FILHO, A.; MORAES, G.F.; SCHAAF, L.B.; FIGUEIREDO, D.J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Revista Ciência Florestal**, v.13, n.1, p.11-18, 2003.

FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.; SILVA, E.R. & FARIA, S.M. de. **Revegetação de solos degradados**. EMBRAPA – CNPAB, (Comunicado Técnico, nº 9). 1992. 9p.

GONZALEZ, M.I.M.; GALLARDO, J.F. El efecto hojarasca: una revision. **Anales de Edafologia y Agrobiologia**, v. 41, n.5- 6, p.1129-1157, 1982.

GOMES, J .M.; PEREIRA, M. G.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, G. H. A.; GONDIM, F. R.; SILVA, E. M.da. Aporte de serapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**, v.5, n.3, p.383-391, jul-set., 2010.

GUARIGUATA, M.R. & OSTERTAG, R. Neotropical secondary succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v.148, p. 85-206, 2001.

HAAG, H. (coord.) **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144p.

HEAL, O.W.; ANDERSON J.M.; SWIFT, M.J. **Plant litter quality and decomposition: an historical overview**. P 3-30. In: CADISH, G.; GILLER, K.E. (Eds.). *Driven by Nature: plant litter quality and decomposition*. Wallingford: CAB International, 1997. 409p.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P. & ROSSIC, J.P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 3-15, 2006.

LEITÃO-FILHO, H.F.; PAGANO, S.N.; CESAR, O.; TIMONI, J.L.; RUEDA, J.J. **Ecologia da mata atlântica em Cubatão, SP**. São Paulo: EDUNESP / EDUNICAMP. 1993. 86p.

LOPES, M.I.M.; DOMINGOS, M. & VUONO, Y.S. **Ciclagem de nutrientes**. In: SYLVESTRE, L.S. & ROSA, M.M.T. da. *Manual metodológico para estudos botânicos na Mara Atlântica*. Seropédica, RJ: EDUR, p. 72-90. 2002.

MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, Guilherme Henrique Almeida; DINIZ, A. R.; MENEZES, C. E. G. **Fauna edáfica em área de Mata Atlântica com diferentes estádios sucessionais, Pinheiral - RJ**. In: I Simpósio de Pesquisa em Mata Atlântica, Eng. Paulo de Frontin, RJ (CD-ROM), 2010.

MARTINELLI, L. A.; PICCOLO, M. C.; TOWNSEND, A. R.; VITOUSEK, P. M.; CUEVAS, E.; McDOWELL, W. H.; ROBERTSON, G. P.; SANTOS, O. C.; TRESEDER, K. Nitrogen stable isotopic composition of leaves and soil: Tropical versus temperate forests. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 46, n. 1/3, p. 45-65, Jul. 1999.

MARTINS, S.V. & RODRIGUES, R.R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecídua no Município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, p. 405-412, 1999.

MASON, C.F. **Decomposição**. Trad. CAMARGO, O.A. São Paulo: EPU: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

MENEZES, C. E. G. **Diagnóstico de degradação do solo em função da topografia e cobertura vegetal no município de Pinheiral, RJ**. 1999. 186 f. Dissertação (Mestrado), pós-Graduação Agronomia Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 1999.

MONTAGNINI, F.; JORDAN, C. **Reciclaje de nutrientes**. In: GUARIGUATA, M.R. KATTAN, G.H. (Eds.) *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Cartago: Ediciones LUR. p. 591 – 623. Cap. 23. 2002.

MORELLATO, L. P. C. **Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi**. In: MORELLATO, L.P.C. (ed.) *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Campinas: Editora UNICAMP, p. 98-109. 1992.

NEVES, J. C. L. **Produção e participação de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo**. 2000. 191p. Tese (Doutorado), Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, 2000.

PAULA, R. R.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, L. F. T. Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na Ilha da Marambaia, RJ. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n.2, p. 139-148, abr.-jun., 2009.

PEZZATTO, A. W. & WISNIEWSKI, C. Produção de serapilheira em diferentes seres sucessionais da Floresta Estacional Semidecidual no oeste do Paraná. **Revista Floresta (UFPR)**, v.36, p.111-120, 2006.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional na reserva mata do paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore.**, Viçosa-MG, v.32, n.3, p.545-556, 2008.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional na Reserva Florestal Mata do Paraíso, em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.4, p.653-663, 2009.

REICH, P.B., ELLSWORTH, D.S. & UHL, C. Leaf carbon and nutrient assimilation and conservation in species of differing successional status in an oligotrophic Amazonian forest. **Functional Ecology**, v. 9, p.65, 1995.

REZENDE, C. P. *et al.* Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in Atlantic forest region of South Bahia, Brazil. **Nutrient cycling in Agroecosystems**, Netherlands, v. 54, n. 2, p. 99-112, June, 1999.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301p.

RIBEIRO, L. **Dinâmica de nutrientes na serapilheira, em um trecho de mata ciliar alagável com ninhal de aves do Rio Cuiabá, no Pantanal Barão de Melgaço-MT**. 1998.

53 p. Monografia (Graduação) - Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 1998.

SARRUGE, J. L. & HAAG, H. P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1974. 56p.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell.** 1992. 87p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1992.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; HERNANDES, J.I. & KÖNIG, F.G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v. 28, p.29-37, 2004.

SUNDARAPANDIAN, S. M. & SWAMY, P. S. Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forests at Kodayar in the Western Ghats, India. **Forest Ecology and Management**, v.123, p.231-244, 1999.

TOLEDO, L. de O. & PEREIRA, M. G. Dinâmica da deposição de serapilheira em floresta secundária do município de Pinheiral. **Revista Floresta e Ambiente**, UFRRJ, Seropédica, v. 11, n. 1, p. 39-46, 2004.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (Boletim técnico de solos, 5), 1985. 188p.

THOMAS, R.J. & ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 25, p. 1351-1361, 1993.

VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C.B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p. 793 – 800, 2004.

WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecidual com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica de Tripuí, Ouro. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.2, p.195-198, jun. 2001.

CAPÍTULO II

Fauna Edáfica em Fragmento de Mata Atlântica com Diferentes Estádios Sucessionais, Pinheiral, Rio de Janeiro

RESUMO

A composição da fauna edáfica, devido sua grande diversidade e magnitude das funções que realizam no ambiente do solo, pode refletir o estado de funcionamento dos ecossistemas. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes estádios sucessionais da Mata Atlântica sobre a atividade, diversidade e composição da fauna do solo em dois meses do ano, no município de Pinheiral (RJ). A partir disso pretende-se selecionar indicadores ecológicos que evidenciam a qualidade do ambiente em função do avanço sucessional. Para tanto, três áreas de floresta secundária foram avaliadas, quanto ao estágio sucessional: FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio e FEA - Floresta estágio avançado. As amostragens foram realizadas em abril e maio de 2009, sendo em cada área distribuídas, aleatoriamente, 10 armadilhas do tipo “*pitfall*”. A partir da contagem e identificação dos organismos da fauna foi calculada a atividade desses organismos ($\text{ind arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e as medidas de diversidade, como riqueza, riqueza média e índice de equidade de Pielou. Os grupos Acari, Araneae, Diptera, Formicidae, Hymenoptera e Isopoda, nos dois meses avaliados, mostraram-se sensíveis às alterações do ambiente, sendo sua atividade mais expressiva verificada na FEA. No mês de agosto verificou-se maior efeito da sazonalidade nos atributos da fauna. Das variáveis de diversidade, a atividade média e a riqueza média foram as que mais responderam a influência do estágio sucessional da floresta na comunidade da fauna. Os colêmbolos representados pelos grupos Entomobryomorpha, Poduromorpha e Symphypleona foram os que tiveram maior composição relativa em todas as áreas. De maneira geral, verificaram-se maior atividade de alguns grupos, riqueza média e presença de predadores na FEA, demonstrando o estado de equilíbrio e o bom funcionamento do ecossistema à medida que avança o processo sucessional da floresta.

Palavras-chave: Mata Atlântica, estádios sucessionais, indicadores edáficos, fauna do solo.

ABSTRACT

The soil fauna, due to its large magnitude and diversity of functions they perform in the soil environment, its composition may reflect the state of ecosystem functioning. In this sense, the objective of this study was to evaluate the effect of different successional stages of the forest Atlantic about the activity, diversity and composition of soil fauna in two months of the year, in the Pinheiral count (RJ). For this, three areas of secondary forest were evaluated for stage of succession: FEI - Initial forest stage; FEM - Medium forest stage and FEA - Advanced forest stage. The samples were taken in april and may 2009, being distributed in each area, randomly, 10 traps "*pitfall*." From the score and identifying the fauna organisms, its activity was calculated (trap individual⁻¹ day⁻¹) and diversity measures such as wealth, mean wealth and index of evenness of Pielou. The Acari, Araneae, Diptera, Formicidae, Hymenoptera and Isopoda groups, showed sensitive to environmental changes, and its most significant activity in the FEA in the two months studied. In August there was a higher effect of seasonality on the attributes of the fauna, the precipitation being the main factor responsible for variations. Between the variables of diversity, the mean activity and mean wealth were the main responses to influence the successional stage of forest in the fauna community. The groups represented by Collembola Entomobryomorpha, and Poduromorpha Symphypleona were those who had higher relative composition in all areas. In general, there was more activity in some groups, mean wealth and the presence of predators in the FEA, showing the state of balance and great functioning of the ecosystem as we move forward in successional forest.

Key words: Atlantic forest, successional stages, edaphic indicators, soil fauna.

1. INTRODUÇÃO

Nos ecossistemas florestais, a produção e decomposição da serapilheira constituem o principal meio de aporte de matéria orgânica e transferência de nutrientes, sendo considerados processos fundamentais dos ciclos biogeoquímicos nesses sistemas (BARLOW et al., 2007). Contudo, a decomposição é um processo essencialmente biológico, no qual os organismos invertebrados e microrganismos são os principais agentes da desestruturação física e química que ocorre após a senescência das partes vegetativas (LAVELLE et al., 1993).

Assim, a importância da diversidade animal nesse processo pode ser vista mais diretamente através das transformações biogeoquímicas que os organismos do solo desempenham, pois além de atuarem diretamente nos processos de fragmentação do material vegetal, indiretamente estimulam toda a comunidade microbiana do solo (CORREIA & ANDRADE, 2008).

De uma forma geral, toda a composição dos organismos do solo está intimamente relacionada aos processos de ciclagem de nutrientes, e do ponto de vista funcional, os organismos associados aos processos de decomposição no sistema serapilheira-solo, chamados de fauna do solo (LAVELLE et al., 1993) ou fauna edáfica, são comumente classificados em 3 grupos principais: microfauna, mesofauna e macrofauna. Essa classificação se baseia, principalmente, no tamanho corporal, pois apresenta alguma relação com o tamanho do tubo digestivo e do aparelho bucal, mas, também, são levados em consideração aspectos da mobilidade, hábito alimentar e função que desempenham no solo (MELO et al., 2009).

As classificações mais utilizadas envolvem a separação dos animais segundo seu diâmetro ou comprimento. Usando o diâmetro como base, a microfauna inclui organismos menores do que 0,2 mm, e seus representantes mais importantes são os nematóides e os protozoários. Esses organismos atuam de maneira indireta na ciclagem de nutrientes através da ingestão de fungos e bactérias (MOREIRA et al., 2010). Já, a mesofauna é representada por animais invertebrados, que medem de 0,2 a 2,0 mm, tais como, colêmbolos e ácaros, que atuam como transformadores e micropredadores, contribuindo para os processos de trituração e em menor escala um forte papel regulatório dentro da biota do solo (MOREIRA et al., 2010).

A macrofauna, que inclui organismos visíveis a olho nu (>2,0 mm), é representada por mais de 20 grupos taxonômicos. Dentre estes, minhocas, cupins, formigas, besouros, tatuzinhos, piolhos-de-cobra, baratas, grilos, caracóis, escorpiões, percevejos, cigarras etc. Quanto a sua funcionalidade podem ser saprófagos, parasitas, predadores, engenheiros do ecossistema, entre outros (MOREIRA et al., 2010). Esses organismos influenciam tanto a ciclagem de nutrientes, através do transporte, fragmentação e digestão da matéria orgânica, quanto na formação de poros e na agregação do solo, pela construção de galerias, túneis e ingestão de matéria orgânica e minerais. Além disso, agem como controladores biológicos através da predação de outros invertebrados.

A abundância e a diversidade da fauna edáfica em ecossistemas naturais e agrossistemas podem ser afetadas por vários fatores, dentre estes os edáficos (tipo de solo, minerais predominantes, temperatura, pH, matéria orgânica, umidade, textura e estrutura); vegetais (tipo de vegetação e cobertura); históricos (especialmente antrópico, mas também geológico); topográficos (posição fisiográfica, inclinação) e climáticos (precipitação fluvial, temperatura, vento, umidade relativa do ar). Assim, qualquer intervenção, seja antrópica ou natural, pode potencialmente afetar a dinâmica dessas comunidades animais e, por consequência, as funções ecológicas nas quais estão envolvidas (MELO et al., 2009).

Diante do exposto, pela grande diversidade e magnitude das funções que realizam no ambiente do solo, pelo fato da comunidade faunística participar intimamente dos processos da ciclagem de nutrientes e por apresentar sensibilidade às interferências no ecossistema, a sua

composição reflete o estado do funcionamento do ecossistema (CORREIA & ANDRADE, 2008).

Desta forma, o estudo da comunidade edáfica tem sido visto não só como indicador, mas também como agente da restauração de ambientes degradados (SNYDER & HENDRIX, 2008), sendo estudada através do número total de indivíduos, índices ecológicos de diversidade e equidade, ou também por meio de sua funcionalidade. Outros estudos preconizam apenas a atividade de alguns grupos enquanto indicadores, como exemplo, as minhocas consideradas “engenheiras do ecossistema” (CORREIA, 2002).

Em ecossistemas florestais a fauna edáfica tem sido alvo de muitos trabalhos de pesquisa, principalmente, como indicadora da recuperação de áreas florestais perturbadas e degradadas (MORAES, 2005). No entanto, o estudo de áreas em processos de regeneração natural ainda é incipiente.

Diante disso, objetivou-se neste capítulo, caracterizar a comunidade da fauna elegendo possíveis indicadores que evidenciam a qualidade do ambiente em função do avanço sucessional de um fragmento florestal secundário de Mata Atlântica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da Comunidade da Fauna Edáfica

Para a quantificação e caracterização da comunidade da fauna edáfica foram realizadas duas amostragens: a primeira no intervalo que corresponde à transição entre o final do período chuvoso e início do período seco (abril de 2009), e a segunda no final do período seco e início do período chuvoso (agosto de 2009).

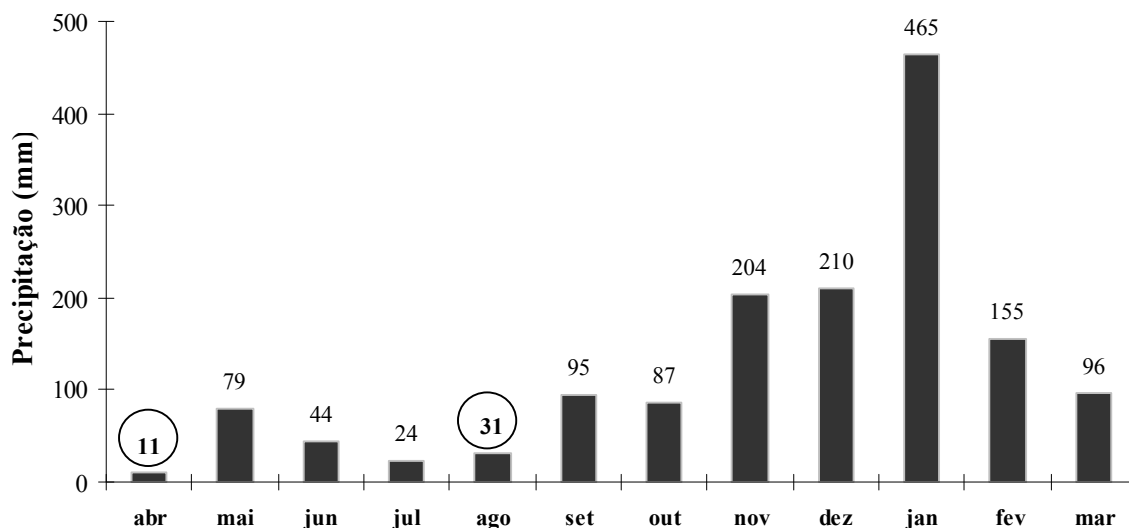


Figura 18. Precipitação (mm) durante os meses: abril-dezembro (2009) e janeiro-março (2010). Obtida por meio de pluviômetros instalados nas três áreas de estudo (Dados: Anderson Ribeiro Diniz).

Para a captura da fauna foram utilizadas armadilhas do tipo “*pitfall*”, que consistem em recipientes plásticos com 10 cm de diâmetro e 10 cm de altura (MOLDENKE, 1994). Em cada uma das áreas, dentro da parcela demarcada foram distribuídas, aleatoriamente, 10 armadilhas, perfazendo 10 unidades amostrais.

Com auxílio de uma faca pedológica, em cada unidade amostral foi aberto um pequeno orifício no solo para instalação da armadilha, sendo essa enterrada até que sua abertura ficasse nivelada com a superfície do solo (Figura 19).

Para a conservação da fauna utilizou-se formaldeído a 4% (300mL), também foram adicionadas gotas de detergente com o objetivo de reduzir a tensão superficial da solução. As armadilhas permaneceram nas áreas por 10 dias e após esse período, foram retiradas do solo e encaminhadas ao Laboratório de Fauna do Solo da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ.



Figura 19. Armadilha do tipo “*pitfall*” instalada na FEA, Pinheiral - RJ.

A identificação dos organismos da fauna foi realizada com auxílio de lupa binocular, sendo os indivíduos identificados em grandes grupos taxonômicos (ordem, classe ou família), baseado em GALLO et al. (1988) e DINDAL (1990).

Com o objetivo de elucidar as discussões, entre os meses de amostragem, foram tiradas fotografias para caracterização do habitat ao lado dos orifícios onde foi instalado o “*pitfall*” (Figura 20).

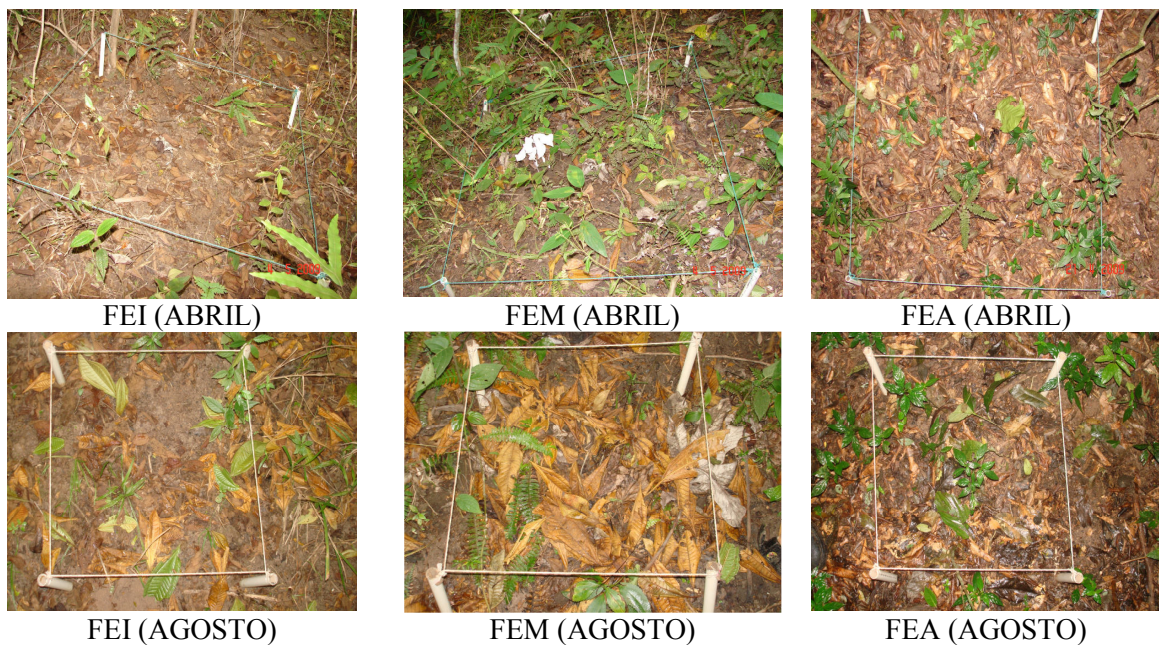


Figura 20. Caracterização visual do habitat.

2.2. Índices Ecológicos

Para avaliação da atividade da fauna edáfica entre áreas e meses, transformou-se o número de indivíduos coletados para número de indivíduos armadilha dia ($\text{ind arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). Também foram calculadas medidas de diversidade, tais como: riqueza, riqueza média e índice de equidade de Pielou (PIELOU, 1977).

Índice de equidade de Pielou (U):

$$U = (- \sum p_i \cdot \log p_i) \cdot \log S^{-1}$$

Em que $p_i = n_i/N$; n_i = densidade de cada grupo; N = somatório do número de indivíduos.dia); da riqueza total (número de grupos nas diferentes amostras); da riqueza média (número médio de grupos presentes em unidade de estudo) e; S = Número de espécies ou grupos.

2.3. Análise dos Dados

Os resultados do número da atividade ($\text{ind arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) para cada grupo taxonômico e de riqueza média, entre áreas e meses, foram submetidos à análise de normalidade da distribuição dos erros (teste de Lilliefors) e homogeneidade das variâncias dos erros (teste de Cochran), ambos analisados através do Sistema para Análises Estatísticas (SAEG 9.1), da Fundação Arthur Bernardes, da Universidade Federal de Viçosa (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

Quando os dados não atenderam as pressuposições de normalidade e homogeneidade, foram realizadas transformações através da RAIZ QUADRADA ($\text{dado} + 0,5$). Após transformação, os dados que continuaram a não atender as pressuposições foram comparados por meio da análise não-paramétrica, através do teste de Kruskal-Wallis (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

Atendendo as pressuposições de normalidade e homogeneidade os valores médios foram comparados por meio do teste t de Bonferroni a 5% de probabilidade ($P < 0,05$), com a utilização do programa estatístico SISVAR 4.3., da Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2003).

Foi realizada uma análise multivariada com o objetivo de integrar as informações dos diferentes grupos da fauna, nos tratamentos em que ocorreram. Essas variáveis foram submetidas a uma análise inicial para averiguar o comprimento do gradiente (DCA: detrended correspondence analysis). Como o comprimento foi inferior a três (resposta linear), realizou-se a análise dos componentes principais (ACP), com a utilização do pacote estatístico Canoco (TER BRAAK & SMILAUER, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição Total e Estrutura da Comunidade da Fauna Edáfica

Nas coletas realizadas em abril de 2009, após triagem, foram contabilizados 2.929 indivíduos. Desse total 16% encontravam-se na FEI, 27% na FEM e 57% na FEA. No mês de agosto, dos 7.787 indivíduos coletados, 19% ocorreram na FEI, 37% na FEM e 44% na FEA. Pode-se observar que ocorreu um aumento no número de indivíduos em função do processo sucessional.

Os 2.929 indivíduos coletados em abril foram identificados em 20 grupos taxonômicos, dos quais foram verificados 18 na FEA, 17 na FEM e 15 na FEI (Tabela 14). Desse total, 13 grupos ocorreram nas três áreas, sendo que para sete dos grupos de invertebrados constatou-se maior atividade na FEA, sendo estes: Acari, Araneae, Diptera, Entomobryomorpha, Formicidae, Hymenoptera e Isopoda.

Tabela 14. Atividade dos grupos taxonômicos* (ind arm⁻¹ dia⁻¹) em abril de 2009, nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.

Grupos Taxonômicos	FEI		FEM		FEA	
	------(ind arm ⁻¹ dia ⁻¹)-----					
Acari	0,04	B	0,12	B	0,59	A
Araneae	0,09	B	0,12	B	0,42	A
Auchenorrhyncha	0,02	ns	0,08	ns	0,04	ns
Coleoptera	0,40	ns	0,48	ns	0,66	ns
Diplopoda	0,00	ns	0,01	ns	0,01	ns
Diptera	0,12	B	0,37	AB	0,59	A
Entomobryomorpha	1,14	B	2,03	B	8,19	A
Formicidae	0,09	B	0,43	B	1,43	A
Gastropoda	0,00	ns	0,00	ns	0,01	ns
Heteroptera	0,36	A	0,13	A	0,00	B
Hymenoptera	0,07	B	0,06	B	0,32	A
Isopoda	0,01	B	0,01	B	0,51	A
Isoptera	0,01	ns	0,00	ns	0,00	ns
Larvas de Coleoptera	0,00	ns	0,01	ns	0,02	ns
Larvas de Diptera	0,31	A	0,07	B	0,12	A
Larvas de Lepidoptera	0,00	ns	0,00	ns	0,02	ns
Orthoptera	0,05	B	0,32	A	0,42	A
Poduromorpha	1,75	ns	1,93	ns	1,08	ns
Symphyleona	0,12	B	1,39	A	2,24	A
Thysanoptera	0,00	ns	0,01	ns	0,06	ns

*Médias de 10 repetições. Valores seguidos com letras diferentes na linha diferem entre si (P<0,05), pelo teste t de Boferroni; ns: não significativo. Legenda: FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Do total dos grupos identificados, sete não ocorreram em todas as áreas, sendo o grupo Isoptera verificado apenas na FEI, e os grupos Gastropoda e larvas de Lepidoptera apenas na FEA. Outros grupos ocorreram em duas áreas, como Heteroptera nas áreas de FEI e FEM, e Diplopoda, larvas de Coleoptera e Thysanoptera nas áreas de FEM e FEA.

Em agosto, dos 7.787 indivíduos coletados, foram identificados 28 grupos taxonômicos (Tabela 15), sendo 18 constatados nas três áreas. Como verificado em abril, também, observou-se maior atividade de grupos na FEA, sendo oito no total, dentre estes: Acari, Araneae, Coleoptera, Diptera, Formicidae, Hymenoptera, Isopoda e Poduromorpha.

Tabela 15. Atividade dos grupos taxonômicos* (ind arm⁻¹ dia⁻¹) em agosto de 2009, nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.

Grupos Taxonômicos	FEI		FEM		FEA	
	------(ind arm ⁻¹ dia ⁻¹)-----					
Acari	0,30	B	0,56	AB	1,49	A
Araneae	0,24	B	0,33	B	1,13	A
Archaeognatha	0,00	ns	0,01	ns	0,01	ns
Auchenorrhyncha	0,09	ns	0,27	ns	0,16	ns
Blattodea	0,02	ns	0,00	ns	0,04	ns
Chilopoda	0,00	ns	0,00	ns	0,01	ns
Coleoptera	0,21	B	0,19	B	1,21	A
Diplopoda	0,01	ns	0,02	ns	0,00	ns
Diptera	0,51	B	0,98	B	3,64	A
Embioptera	0,00	ns	0,00	ns	0,01	ns
Entomobryomorpha	11,52	B	20,08	A	13,92	AB
Formicidae	0,17	B	0,25	B	3,58	A
Heteroptera	0,07	ns	0,00	ns	0,11	ns
Hymenoptera	0,07	B	0,09	B	0,54	A
Isopoda	0,05	B	0,10	B	0,48	A
Larvas de Coleoptera	0,04	ns	0,02	ns	0,12	ns
Larvas de Diptera	0,22	ns	0,19	ns	0,15	ns
Larvas de Lepidoptera	0,01	ns	0,01	ns	0,01	ns
Neuroptera	0,01	ns	0,00	ns	0,00	ns
Opilionida	0,00	ns	0,00	ns	0,03	ns
Orthoptera	0,27	B	0,42	A	2,85	A
Poduromorpha	0,14	B	1,83	B	3,13	A
Pseudoscorpionida	0,00	B	0,03	A	0,01	AB
Psocoptera	0,01	B	0,03	A	0,20	A
Sternorrhyncha	0,01	A	0,01	A	0,01	A
Symphyleona	0,50	B	3,51	A	1,31	B
Thysanura	0,00	ns	0,02	ns	0,10	ns
Thysanoptera	0,03	ns	0,04	ns	0,02	ns

* Médias de 10 repetições. Valores seguidos com letras diferentes na linha diferem entre si (P<0,05), pelo teste t de Boferroni; ns: não significativo. Legenda: FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Dos 18 grupos presentes em todas as áreas, apenas, o grupo Symphyleona apresentou maior atividade na FEM, correspondendo a valores três vezes maiores que os dos outros estádios (FEI e FEA). Ainda em agosto, alguns grupos não ocorreram em todas as áreas, sendo 10 no total. Na área de FEI verificou-se a presença do grupo Neuroptera. Na FEA três novos grupos foram identificados, sendo estes Chilopoda, Embioptera e Opilionida. Outros grupos apresentaram representantes em comum em duas áreas, como os Diplopoda que

ocorreram na FEI e FEM, os Blattodea e Heteroptera que apareceram na FEI e FEA, e os Archeognatha, Pseudoscorpionida e Thysanura que foram observados na FEM e FEA.

Nas duas amostragens (abril e agosto) verificou-se na FEA, o maior número de grupos com atividade significativamente maior que o das outras áreas, sendo estes, Acari, Araneae, Diptera, Formicidae, Hymenoptera e Isopoda.

Os ácaros (Acari) são frequentemente o grupo dominante de artrópodes nos solos florestais, sendo os diversos hábitos alimentares, como a decomposição, decorrente da alta diversidade de espécies (FRANKLIN et al., 1998). A abundância e diversidade desses organismos em florestas, segundo SILVA (2002), estão diretamente relacionadas ao material vegetal aportado ao solo. Assim, a FEA possivelmente esteja favorecendo a alta atividade desse grupo, devido à presença, tipo e diversidade de folheto (DUCATTI, 2002). Esse padrão em florestas foi constatado por KATAGUIRI (2006), avaliando o restabelecimento da fauna edáfica e a qualidade da serapilheira numa floresta estacional semidecídua da Universidade de São Paulo. A autora verificou correlações positivas entre a qualidade da serapilheira e o número de ácaros.

Os tatuzinhos (Isopoda) são organismos essencialmente saprófagos, que contribuem significativamente para a fragmentação da serapilheira, e dessa forma regulam a etapa inicial do processo de decomposição (CASEIRO et al., 2000). Por essa funcionalidade, o maior número de indivíduos desse grupo verificados na FEA, pode estar relacionado, também, à qualidade do material vegetal, sendo essa imposta, possivelmente, pela maior diversidade de espécies vegetais nessa área. ZIMMER (2002), estudando a influência da diversidade vegetal na decomposição da serapilheira, verificou maior perda de massa vegetal e maior número de isópodes na área florestal com maior diversidade de espécies vegetais.

Os dípteros (Diptera) tanto na sua fase larval quanto na fase adulta, podem se alimentar de matéria orgânica em decomposição (GALLO et al., 1988 *apud* CALVI et al., 2010). No entanto, o estudo de CALVI et al. (2010) atribuiu à alta expressividade desse grupo em florestas em função do uso da serapilheira como abrigo, principalmente, em florestas que aportam e acumulam maior quantidade de material decíduo.

As formigas são animais dominantes na maioria dos ecossistemas terrestres. Nas florestas tropicais, por exemplo, é um dos grupos com maior número de espécies e, também, de biomassa (MELO et al., 2009). Por essas características, a riqueza e diversidade desses insetos, além do número de indivíduos, são maiores em ambientes de maior complexidade de nichos presentes (PEREIRA et al., 2007).

Este fato foi observado por PEREIRA et al. (2007) avaliando a fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de áreas de mineração reabilitada na Ilha da Madeira, RJ. Os autores verificaram uma fauna diferenciada de formigas e maior riqueza de espécies em parcelas com maior número de espécies arbóreas. Desta forma, a ocorrência desse grupo em maiores proporções na FEA, quando comparada às outras áreas (FEM e FEI) pode ser um indicativo de equilíbrio desse estágio sucessional, tendo em vista que a relevância desse grupo para a comunidade da fauna é atribuída ao hábito social e repartição do trabalho, atuando em conjunto na redistribuição de partículas da matéria orgânica, melhorando a infiltração de água no solo pelo aumento da porosidade e aeração, esses insetos são considerados de fundamental importância para o processo de ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais (ASSAD, 1997).

Outros grupos também se destacaram na FEA, como as aranhas (Araneae), que expressaram valores sempre maiores nesse estágio florestal, nos dois meses avaliados. Outros grupos predadores, também, ocorreram nessa área, como os opiliões (Opiliona) e lacraias (Chilopoda). Além desses predadores, também foi verificado, nas áreas avançadas (FEM e FEA), os pseudoescorpiões (Pseudoscorpionida). TOLEDO (2003), em estudos realizados em Pinheiral, em florestas com diferentes estágios sucessionais, também, verificou a presença de

predadores nas áreas em que o processo de sucessão encontrava-se avançado. O autor atribuiu a presença de predadores no estágio avançado às características favoráveis proporcionadas por essa floresta, onde há melhoria na estrutura da cadeia alimentar.

Diante do exposto, observa-se a complexidade e equilíbrio da área em estágio avançado (FEA), na qual se constataram dentre os grupos com maior atividade, nas duas avaliações, grupos com diferentes funções no ecossistema, como predadores (Araneae), saprófagos (Isopoda) e outros que podem ter essas características e outras funcionalidades, dependendo das espécies presentes (Acari, Diptera e Formicidae).

A presença desses grupos com diferentes funções nessa área, quando comparada com as demais áreas, possivelmente, está relacionada com a heterogeneidade da distribuição dos recursos nesse estágio sucessional, causada principalmente pela alta diversidade de espécies. Uma maior diversidade de espécies é capaz de proporcionar, por meio de um aporte de serapilheira diversificado, uma maior quantidade de nichos potenciais e formas de exploração dos recursos, resultando, portanto, em aumento da diversidade da comunidade da fauna edáfica (TEWS et al., 2004) e também da maior atividade de grupos.

No entanto, a comunidade da fauna do solo em termos de atividade, também, pode ser influenciada pela variação sazonal de recursos, impostos pelos fatores ecológicos, como variáveis ambientais e características fisiológicas das plantas (MELO et al., 2009). Esses fatores fazem com que haja diferentes microsítios com condições diversas para o desenvolvimento da fauna como um todo.

Neste sentido, a atividade dos grupos, entre os meses de abril e agosto para cada área, é apresentada na Tabela 16.

Tabela 16. Atividade dos grupos taxonômicos* (ind arm⁻¹ dia⁻¹) nos meses de abril (Abr) e agosto (Ago) de 2009, para os diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.

Grupos Taxonômicos	FEI			FEM			FEA		
	Abr	Ago		Abr	Ago		Abr	Ago	
Acari	0,04	0,30	*	0,12	0,56	*	0,59	1,49	*
Araneae	0,09	0,24	ns	0,12	0,33	*	0,42	1,13	*
Archaeognatha	-	-	-	0,00	0,01	ns	0,00	0,01	ns
Auchenorrhyncha	0,02	0,09	ns	0,08	0,27	*	0,04	0,16	ns
Blattodea	0,00	0,20	ns	-	-	-	0,00	0,04	ns
Chilopoda	-	-	-	-	-	-	0,00	0,01	ns
Coleoptera	0,40	0,21	ns	0,48	0,19	*	0,66	1,21	*
Diplopoda	0,00	0,01	ns	0,01	0,02	ns	0,00	0,01	ns
Diptera	0,12	0,51	*	0,37	0,98	*	0,59	3,64	*
Embioptera	-	-	-	-	-	-	0,00	0,01	ns
Entomobryomorpha	1,14	11,52	*	2,03	20,08	*	8,19	13,92	*
Formicidae	0,09	0,17	ns	0,43	0,25	ns	1,43	3,58	*
Gastropoda	-	-	-	-	-	-	0,01	0,00	ns
Heteroptera	0,36	0,07	*	0,13	0,00	*	0,00	0,11	*
Hymenoptera	0,07	0,07	ns	0,06	0,09	ns	0,32	0,54	ns
Isopoda	0,01	0,05	ns	0,01	0,10	ns	0,51	0,48	ns
Isoptera	0,01	0,00	ns	-	-	-	-	-	-
Larvas de Coleoptera	0,00	0,04	ns	0,01	0,02	ns	0,02	0,12	ns
Larvas de Diptera	0,31	0,22	ns	0,07	0,19	ns	0,12	0,15	ns
Larvas de Lepidoptera	0,00	0,01	ns	0,00	0,01	ns	0,02	0,01	ns
Neuroptera	0,00	0,01	ns	-	-	-	-	-	-
Opilionida	-	-	-	-	-	-	0,00	0,03	ns
Orthoptera	0,05	0,27	*	0,32	0,42	ns	0,42	2,85	*
Poduromorpha	1,75	0,14	*	1,93	1,83	ns	1,08	3,13	*
Pseudoscorpionida	-	-	-	0,00	0,03	ns	0,00	0,01	ns
Psocoptera	0,00	0,01	ns	0,00	0,03	ns	0,00	0,2	*
Sternorrhyncha	0,00	0,01	ns	0,00	0,01	ns	0,00	0,01	ns
Symphyleona	0,12	0,50	ns	1,39	3,51	*	1,37	2,24	ns
Thysanura	-	-	-	0,00	0,02	ns	0,00	0,02	ns
Thysanoptera	0,00	0,03	ns	0,01	0,04	ns	0,06	0,1	ns

* Médias de 10 repetições. * Valores diferem significativamente (P<0,05) pelo teste F; ns: não significativo. Legenda: FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Na área de FEI verificou-se um total de 23 grupos taxonômicos, dentre os quais 14 ocorreram nas duas épocas de avaliação. Desse valor, quatro apresentaram valores significativamente maiores no mês de agosto, sendo estes: Acari, Diptera, Entomobryomorpha e Orthoptera. Os grupos Heteroptera e Poduromorpha foram verificados em maior número em abril. Alguns grupos ocorreram, apenas, em um determinado mês, como em agosto, no qual constatou-se a presença de oito grupos, sendo estes: Blattodea, Diplopoda, larvas de Coleoptera e Lepidoptera, Neuroptera, Psocoptera, Sternorrhyncha e Thysanoptera.

No estágio médio (FEM), nas duas amostragens, foram contabilizados um total de 26 grupos taxonômicos, sendo que 16 desses ocorreram em ambos os meses. Desses 16 grupos, seis expressaram maior atividade em agosto, sendo estes: Acari, Auchenorrhyncha, Diptera, Entomobryomorpha, Symphypleona. Em abril apenas o grupo Coleoptera expressou maior atividade. Alguns grupos ocorreram apenas no mês de agosto, como os Archeognatha, larvas de Lepidoptera, Pseudoscorpionida, Psocoptera, Sternorrhyncha e Thysanoptera.

Na FEA, dos 28 grupos identificados, 16 ocorreram nas duas épocas. Sendo que oito desses apresentaram valores estatisticamente superiores na época chuvosa: Acari, Araneae, Coleoptera, Diptera, Entomobryomorpha, Formicidae, Orthoptera e Poduromorpha. Ainda dos 28 grupos, 11 ocorreram apenas em agosto, sendo estes: Archeognata, Blattodea, Chilopoda, Diplopoda, Embioptera, Heteroptera, Opilionida, Pseudoscorpionida, Psocoptera, Sternorrhyncha e Thysanoptera. O grupo Gastropoda ocorreu apenas na época seca.

Dos grupos onde verificou-se maior atividade em agosto, nas três áreas avaliadas, estão os Acari, Diptera e Entomobryomorpha. Outros grupos também foram identificados, somente em agosto, nas três áreas, como os Psocoptera, Sternorrhyncha e Thysanoptera.

Além das comparações realizadas por meio dos testes de médias e análises não paramétricas, foi realizada a análise multivariada dos componentes principais (ACP), para correlacionar os diferentes grupos da fauna aos estádios sucessionais em que ocorreram. Na Figura 21 e Figura 22, são apresentadas as correlações entre os grupos taxonômicos nas diferentes áreas do estudo.

Através do diagrama de ordenação da ACP, observa-se no mês de abril (Figura 21), a separação dos estádios sucessionais em três diferentes quadrantes. Na FEA verifica-se o maior número de grupos correlacionados, como o observado através da Tabela 14 e Tabela 15.

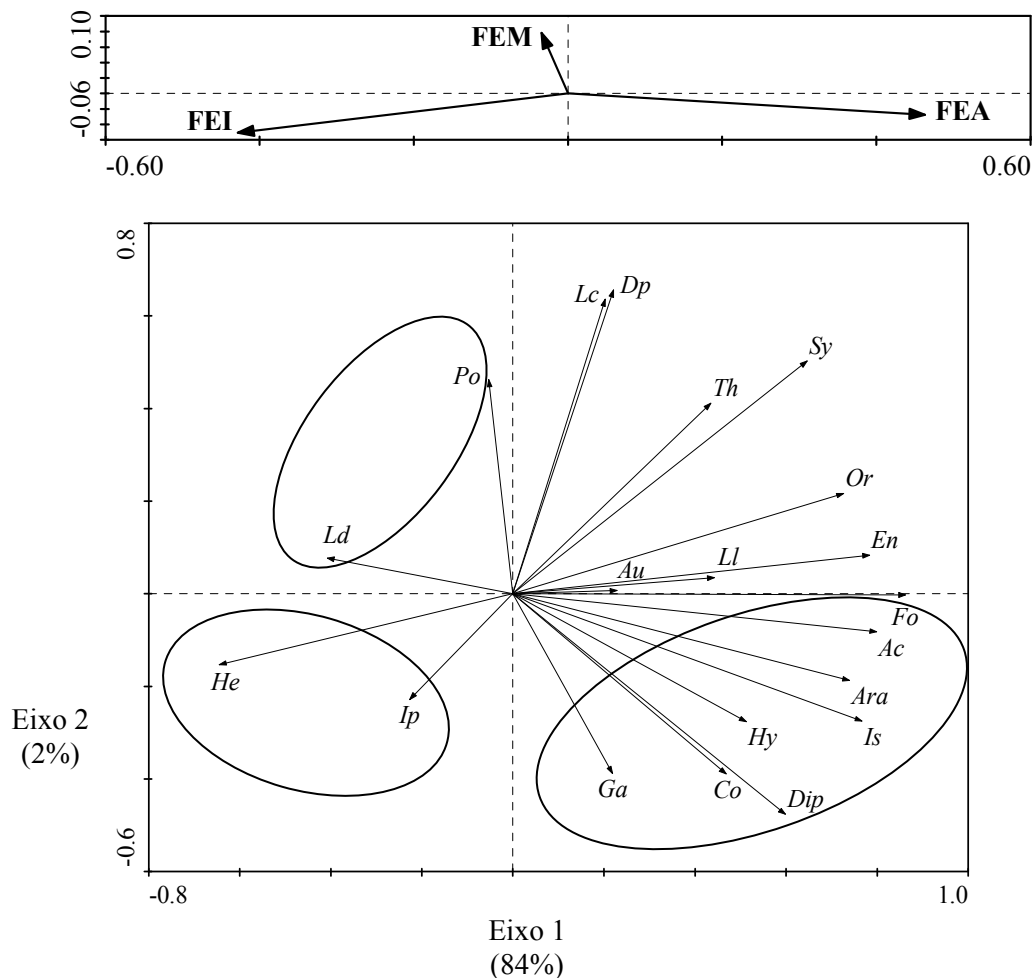


Figura 21. Diagrama de ordenação resultante da análise de componentes principais (ACP) dos grupos da fauna edáfica em abril de 2009, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Legenda: Ac:Acari; Ara:Araneae; Au:Auchenorrhyncha; Co:Coleoptera; Dp:Diplopoda; Dip:Diptera; En:Entomobryomorpha; Fo:Formicidae; Ga:Gastropoda; He:Heteroptera; Hy:Hymenoptera; Is:Isopoda; Ip:Isoptera; Lc:Larvas de Coleoptera; Ld:Larvas de Diptera; Ll:Larvas de Lepidoptera; Or:Orthoptera; Po:Poduromorpha; Sy:Symphypleona; Th:Thysanoptera.

Nas áreas inicial (FEI) e média (FEM) verificou-se a menor relação dos grupos, sendo que o número de grupos correlacionados em cada área não passou de dois.

Em agosto verificou-se a mesma estratificação já observada em abril, constatando-se um padrão de maior número de grupos associados à FEA (Figura 21). No entanto, observa-se nesse mês, que o total de grupos correlacionados foi bem superior que o verificado em abril.

Através da Figura 21 e Figura 22, constata-se que alguns grupos não se correlacionaram com nenhuma das áreas, sendo as setas direcionadas para o primeiro quadrante. Esses grupos estiveram dispostos entre as áreas em estágio médio (FEM) e avançado (FEA), e também no sentido oposto ao estágio inicial (FEI).

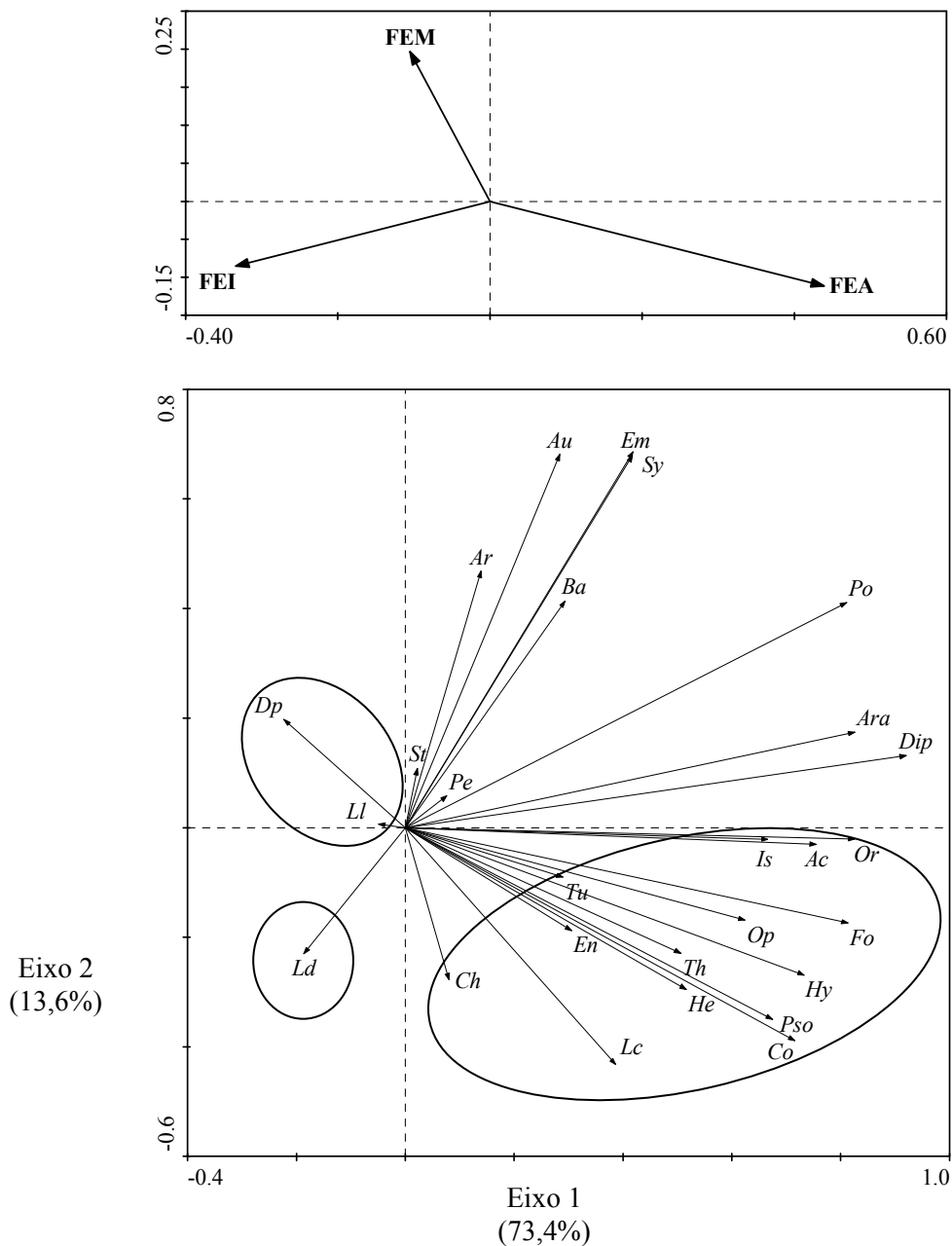


Figura 22. Diagrama de ordenação resultante da análise de componentes principais (ACP) dos grupos da fauna edáfica em agosto de 2009, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Legenda: Ac:Acari; Ara:Araneae; Ar:Archaeognatha; Au:Auchenorrhyncha; Ba:Blattodea; Ch:Chilopoda; Co:Coleoptera; Dp:Diplopoda; Dip:Diptera; Em:Embioptera; En:Entomobryomorpha; Fo:Formicidae; He:Heteroptera; Hy:Hymenoptera; Is:Isopoda; Lc:Larvas de Coleoptera; Ld:Larvas de Diptera; Ll:Larvas de Lepidoptera; Ne: Neuroptera; Op:Opilionida; Or:Orthoptera; Po:Poduromorpha; Pe:Pseudoscorpionida; Pso:Psocoptera; St:Sternorrhyncha; Sy:Symphypleona; Th:Thysanoptera; Tu:Thysanura.

Através da análise de componentes principais, constatou-se a sensibilidade da fauna de solo epígea às alterações do ambiente. Foi possível verificar que à medida que avança o estágio sucessional da floresta, a atividade dos grupos aumenta, comprovando assim, a influência da dinâmica sucessional na composição da fauna edáfica.

3.2. Índices Ecológicos

Além do estudo da estrutura da comunidade da fauna, no qual um determinado grupo ou grupos são utilizados como indicadores de sensibilidade às modificações do ambiente, pode-se inferir sobre a qualidade do ambiente através de índices ecológicos. Essa abordagem permite avaliar a comunidade da fauna do solo num sentido amplo através, por exemplo, da atividade média de todos os grupos ($\text{ind arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e estimadores de diversidade (Tabela 17).

Tabela 17. Atividade* ($\text{ind arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e índices ecológicos* da fauna edáfica nos meses de abril e agosto de 2009, para os diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.

Áreas de estudo	Ind $\text{arm}^{-1} \text{ dia}^{-1} \pm$ Erro Padrão	Riqueza Total	Riqueza Média	Pielou
		Abril de 2009		
FEI	4,58 \pm 1,22 b B	15	7,40 b B	0,69
FEM	7,57 \pm 1,03 b B	17	10,10 a B	0,71
FEA	16,73 \pm 3,14 a B	18	12,00 a B	0,63
Agosto de 2009				
FEI	14,50 \pm 2,89 b A	22	10,80 b A	0,33
FEM	28,99 \pm 2,80 a A	22	12,70 b A	0,40
FEA	34,33 \pm 4,68 a A	26	15,80 a A	0,63

*Médias de 10 repetições. Valores seguidos com letras diferentes, minúscula para comparação entre áreas e maiúscula para comparação entre meses, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste t de Bonferroni. Legenda: FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Em abril, verificou-se na área de FEA uma atividade média de 16,73 $\text{ind arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, sendo esse valor estatisticamente superior aos encontrados nas áreas de FEM (7,57) e FEI (4,58). No mês de agosto, na FEI, também, observaram-se os menores valores, entretanto, quando se comparam as áreas de FEM e FEA, não foram verificadas diferenças significativas, embora exista uma tendência de maior valor para FEA.

Em relação às variáveis de diversidade representadas pela riqueza total e riqueza média, em abril, os valores médios foram significativamente menores na FEI (7,40) quando comparados com os observados para as áreas de FEM (10,10) e FEA (12,00), as quais não diferiram. Em agosto, a riqueza média foi estatisticamente maior na FEA (15,80), enquanto a riqueza média na FEM foi de 12,7 e na FEI de 10,8.

Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo, em relação ao maior número de indivíduos e riqueza média em função do avanço da sucessão ou preservação do ambiente foram verificados por MENEZES et al. (2009), avaliando a comunidade da macrofauna edáfica em diferentes estádios sucessionais de Mata Atlântica, Pinheiral, RJ, e MOÇO et al. (2005) caracterizando a fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense, dentre essas, florestas preservadas, florestas não preservadas e capoeira.

MENEZES et al. (2009) mesmo não constatando diferenças entre os estádios sucessionais em relação à densidade de indivíduos e riqueza média, verificou que o estágio avançado apresentou uma tendência de maiores valores, nos dois períodos de estudo (seco e chuvoso) quando comparado os estádios inicial e médio. MOÇO et al. (2005) observaram maior densidade, nos dois períodos, para a floresta preservada. GOMES et al. (2007) também verificaram esse padrão de maior número de indivíduos em florestas menos perturbadas em

Dourados, MS, assim como MUSSURY et al. (2008) estudando a flutuação populacional da fauna edáfica nas mesmas áreas. Os autores atribuem o padrão de maior número de indivíduos, assim como de riqueza média, em florestas em estádios sucessionais avançados e/ou preservados, à estrutura da vegetação, a qual pode estar proporcionando um substrato favorável em função do avançado estágio de sucessão. Essa hipótese pode ser ratificada neste estudo, em que verificou-se na FEA maior número de espécies vegetais (MENEZES, 2010) e, também, pelos estudos de MOÇO et al. (2005) no qual verificou para os fragmentos de floresta natural maior número de espécies arbóreas.

Desta forma, a maior diversidade de espécies vegetais, associada, provavelmente, à maior densidade de indivíduos, tem contribuído com um maior aporte e acúmulo de serapilheira no estágio avançado, e também com um substrato de distinta qualidade nutricional e orgânica. Esses fatores aumentam o recurso alimentar disponível, bem como a estrutura do habitat formado, podendo, assim, favorecer a colonização e desenvolvimento dos organismos da fauna em maior número nesse sistema.

Com relação às diferenças encontradas entre os meses, como o verificado para a atividade de cada grupo, também, observaram-se valores significativos da atividade média dos grupos e riqueza média no mês de agosto, em todas as áreas (Tabela 17).

A influência da sazonalidade na comunidade da fauna em florestas tem sido estudada por diversos autores, como MOÇO et al. (2005), GOMES et al. (2007), MUSSURY et al. (2008), MENEZES et al. (2010) e CALVI et al. (2010). Esses autores constataram que as variações na comunidade da fauna, entre as épocas, períodos ou meses de amostragem, foram atribuídas, principalmente, aos valores de precipitação, que foram verificados em maiores expressões no período chuvoso (verão). Mesmo corroborando os resultados acima citados, em que os autores constataram a maior atividade da fauna no período de maior precipitação, um padrão contrário foi o mês em que a atividade dos grupos foi maior, sendo neste estudo a maior atividade em agosto. Já, aqueles autores verificaram, de maneira geral, maior atividade nos meses quentes e chuvosos, características típicas dos meses de janeiro, fevereiro e março.

Em função do exposto, constata-se a sensibilidade da atividade da fauna edáfica as mudanças climáticas, inclusive anual, em que os valores de precipitação, possivelmente, influenciaram o crescimento vegetal, e conseqüentemente, a produção de serapilheira e a oferta de alimento, criando um ambiente mais propício para a colonização da fauna. Seja pelo acúmulo de serapilheira ou água, ou ambos, reduzindo assim as variações da temperatura do ambiente serapilheira-solo, que, por sua vez favorece o aumento da colonização e desenvolvimento dos organismos.

No entanto, os sítios formados não necessariamente favorecem toda a comunidade da fauna, sendo que poucos grupos podem se beneficiar as condições impostas pelos fatores ecológicos que ocorrem no habitat, aumentando assim sua atividade.

Um índice que comumente tem sido utilizado para averiguar os padrões de dominância é o índice de Pielou, que representa a uniformidade da distribuição do número de indivíduos nos diferentes grupos (TOLEDO, 2003), ou seja, é uma medida de equidade, dos padrões de abundância. Sendo que os menores valores obtidos, por esse índice, numa escala de 0 a 1, representam comunidades menos uniformes, em que a dominância de um ou mais grupos é mais acentuada (OLIVEIRA, 1997).

O índice de Pielou apresentou variações entre áreas e meses. Destacando-se as variações entre áreas no mês de agosto e entre meses na FEI e FEM (Tabela 17). Em abril não foram constatadas grandes variações, sendo os valores de 0,71, 0,69 e 0,63, respectivamente, para as áreas de FEM, FEI e FEA. Entretanto, em agosto foram observadas maiores variações, destacando-se os baixos valores na FEI (0,33) e FEM (0,40), e o maior valor na FEA (0,63).

A variabilidade dos valores da equidade pode ser decorrente dos valores de riqueza e dominância de grupos, ou seja, o índice será maior quando a riqueza for alta e a dominância de poucos grupos for baixa. Esse padrão foi confirmado nos meses analisados.

Em abril, mesmo não sendo constatadas variações entre as áreas, o menor valor da equidade para a FEA (0,63) foi decorrente da riqueza média, que não diferiu da FEM, e da alta dominância do grupo Entomobryomorpha, o qual representou 48% do total da atividade média de todos os grupos identificados, enquanto na FEM esse grupo representou, apenas, 26%.

Diferindo das poucas variações observadas em abril, e corroborando a hipótese de que o índice será maior quando a riqueza for alta e a dominância baixa, em agosto, o maior valor da equidade verificado na FEA é atribuído à maior riqueza, associada à menor dominância do grupo Entomobryomorpha, que representou 40% da atividade média. Nas outras áreas os valores de equidade foram baixos, devido aos menores valores de riqueza média e a maior dominância do grupo Entomobryomorpha, que representou, praticamente, mais de 70% da atividade.

Em relação às variações entre os meses, destacaram-se as ocorridas nos estádios inicial (FEI) e médio (FEM), cujos valores dos índices diminuíram do mês de abril para o mês de agosto. Essas variações ocorreram, principalmente, devido à dominância de poucos grupos. Em abril, os índices para a FEI e FEM foram, respectivamente, de (0,63) e (0,71) e os grupos que representaram a maior dominância nessas áreas foram os Poduromorpha na FEI com 38% e os Entomobryomorpha na FEM com 26%. Em agosto, os valores dos índices nas áreas de FEM (0,40) e FEI (0,33) diminuíram, pois a dominância do grupo Entomobryomorpha dobrou, sendo os valores de 69% na FEM e 79% na FEI.

Diante do exposto, o grupo que mais influenciou nos valores dos índices, para as áreas avaliadas nas diferentes épocas, foi o grupo Entomobryomorpha que, de maneira geral, apresentou elevada dominância na maioria dos tratamentos e épocas avaliadas. No entanto, os trabalhos de MOÇO et al. (2005) e CALVI et al. (2010), ambos desenvolvidos em Mata Atlântica, não constataram grande influência do grupo Entomobryomorpha nos valores da equidade.

MOÇO et al. (2005) verificaram que a maior influência no índice de Pielou na área de capoeira (0,43), no período seco, para o compartimento serapilheira, foi devida à alta dominância do grupo Hymenoptera (formigas), o qual correspondeu a 67% do total de indivíduos capturados. Nesse mesmo período e compartimento, o percentual do grupo Hymenoptera nas florestas não preservadas (FNP) e preservadas (FP) foi, respectivamente, de 46% e 48%, e os índices para essas mesmas florestas foram de 0,68 na FNP e 0,65 na FP. Além da marcada dominância do grupo Hymenoptera nos solos de todas as coberturas, tanto no verão quanto no inverno, os autores, também, verificaram elevada abundância de Collembola no compartimento serapilheira na floresta preservada.

Avaliando duas florestas secundárias no Espírito Santo (FSA e FS), em duas épocas do ano (verão e inverno), CALVI et al. (2010) verificaram que os grupos que mais influenciaram nos valores da equidade foram os Diptera e Formicidae. Os dípteros (Diptera) tiveram abundância acima de 48% na FSA no verão e inverno e na FS no inverno. Já, as formigas influenciaram nos menores valores do índice na FS no verão, com dominância de 68%.

3.3. Composição Relativa dos Grupos Taxonômicos

Além do grupo Entomobryomorpha, com elevada dominância na maioria das áreas e nos meses estudados, influenciando, assim, nos valores de equidade, outros grupos também ocorreram com altos percentuais, sendo apresentados na Figura 23 e Figura 24, os 10 grupos de maior expressão nas diferentes áreas, respectivamente, nos meses de abril e agosto.

Em abril, na FEI, os 10 grupos mais abundantes (Figura 22), foram os Poduromorpha (38%) e Entomobryomorpha (25%). Desconsiderando o grupo “Outros”, cuja alta participação se deve ao elevado número de grupos que apresentaram baixos valores de abundância, o grupo Coleoptera (9%) representou a terceira maior participação, e somado com a composição dos dois primeiros totalizaram 72% dos indivíduos coletados.

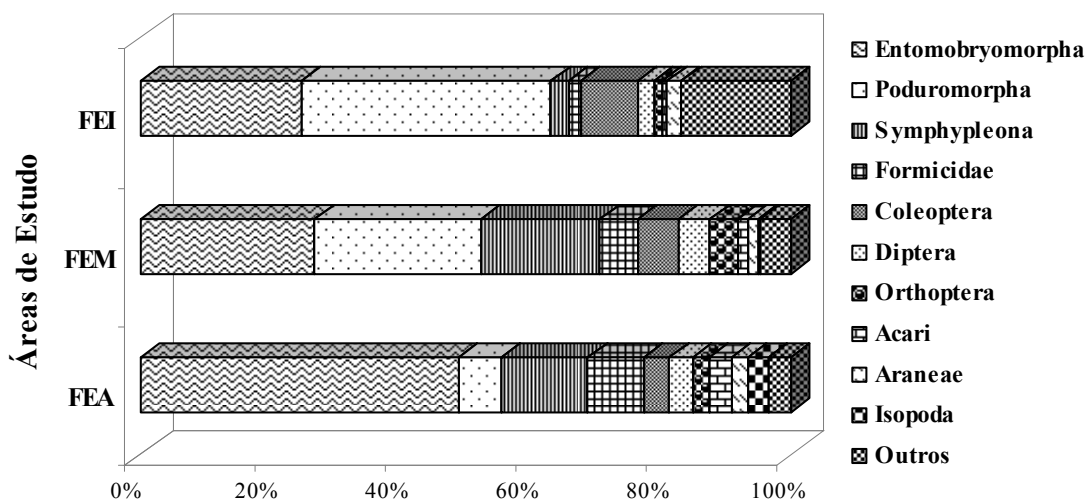


Figura 23. Distribuição relativa (%) dos 10 grupos da fauna edáfica com maior atividade ($\text{ind arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) em abril de 2009, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ.

Na FEM as maiores participações do total de indivíduos foram as dos grupos Entomobryomorpha (27%), Poduromorpha (25%) e Symphypleona (18%), todos pertencentes à ordem Collembola, que somados corresponderam a 70% do total dos indivíduos.

Já, na FEA a sequência para a ordem decrescente dos maiores percentuais foi Entomobryomorpha 49%, Symphypleona 13% e Formicidae 9%, que juntos corresponderam a 71% do total de indivíduos coletados.

Desta forma, em abril, os grupos com maior representatividade, em relação à composição relativa total, foram os colêmbolos (Entomobryomorpha, Symphypleona e Poduromorpha), que sempre estiveram entre os grupos mais expressivos. Outros grupos importantes foram Coleoptera na FEI e a família Formicidae na FEA, ambos ocupando o terceiro lugar.

Os 10 grupos mais abundantes para o mês de agosto são apresentados na Figura 24. Observa-se que na FEI os três grupos com maiores percentuais foram os Entomobryomorpha (79%), Symphypleona (3,45%) e Diptera (3,52%), que somados representaram mais de 85% do total de indivíduos coletados.

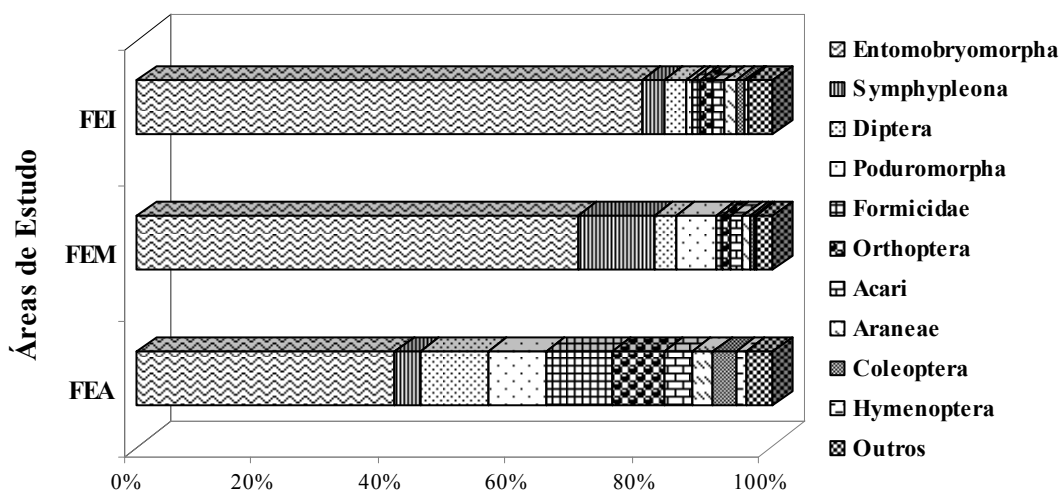


Figura 24. Distribuição relativa (%) dos 10 grupos da fauna edáfica com maior atividade ($\text{ind arm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) em agosto de 2009, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ.

Na área de FEM destacaram-se os Entomobryomorpha (69%), Symphypleona (12%) e Poduromorpha (6%), que juntos corresponderam a 87% do total.

A sequência para a FEA apresenta os grupos Entomobryomorpha (41%), Diptera (10,6%) e Formicidae (10,43%), que somados representaram 63% do total de indivíduos coletados.

A participação dos três grupos de maior abundância aumentou de abril para agosto. Tal fato pode ser atribuído ao aumento do número de indivíduos do grupo Entomobryomorpha nas três áreas de estudo, sendo observado um ligeiro aumento na FEA, e valores duas vezes superiores nas áreas de FEI e FEM.

Além da expressiva participação do grupo Entomobryomorpha, como o observado em abril, Formicidae em agosto foi o terceiro grupo mais abundante na FEA. No entanto, diferindo do que foi observado nesse mês e área o segundo grupo mais importante foi Diptera, representando 11% do total de indivíduos coletados. Esse grupo também se destacou na FEI representando o terceiro grupo com maior número de indivíduos.

A partir do que foi verificado nas duas avaliações destaca-se a grande expressão em valores percentuais dos colêmbolos (Entomobryomorpha, Symphypleona e Poduromorpha), principalmente, as variações que ocorrem entre os meses. Sendo que em agosto, a soma da porcentagem desses três grupos foi bem expressiva nas áreas inicial (84%) e média (87%).

Os colêmbolos também foram dominantes no estudo de MORAES (2005), avaliando indicadores da restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ, dentre esses a fauna do solo. O autor verificou elevada abundância desse grupo em todos os tratamentos avaliados, sendo a menor participação de 53%, apenas, para uma área, nas demais os colêmbolos representaram sempre mais que 75% do total de indivíduos.

KATAGUIRI (2006) também observou alta composição dos colêmbolos, avaliando o restabelecimento da fauna edáfica e a qualidade da serapilheira numa floresta estacional semidecídua da Universidade de São Paulo. A autora verificou que os colêmbolos foram o terceiro grupo com a maior abundância, sendo a composição inferior, somente quando comparada com os ácaros (Oribatidae e não Oribatidae). SOUZA et al. (2008) verificaram o mesmo padrão, observando que Collembola foi o terceiro grupo de maior participação no total de indivíduos, sendo menos abundante que Formicidae e Coleoptera.

Os colêmbolos, segundo COSTA (2002), são micrófagos desenvolvendo a atividade predatória de organismos como fungos e bactérias. Desta forma, a grande expressividade desse grupo nos estádio inicial e médio, principalmente, em agosto, pode ser atribuída à maior abundância de esporos de fungos, conforme relatado por SILVA et al. (2010) caracterizando os fungos micorrízicos arbusculares nas mesmas áreas do presente estudo, em dezembro de 2009. Os autores verificaram valores da abundância do número de esporos de 500 para a FEA, 984 na FEM e 963 na FEI.

A participação expressiva dos dípteros (Diptera), também na FEA, como discutido anteriormente, pode ser atribuída à utilização da camada de serapilheira como refúgio, esse comportamento também foi verificado e salientado por CALVI et al. (2010) em duas florestas secundárias em Santa Maria do Jetibá, ES.

Além dos colêmbolos, outro grupo que se destacou, principalmente na FEA, foram as formigas, que nas duas avaliações apresentaram-se como o terceiro grupo mais abundante nessa área. A presença desse grupo nesse estádio avançado foi visível no decorrer dos trabalhos de campo, seja pelo forrageamento, como também pelos grandes ninhos em alguns trechos da área. Contudo, não foi verificada influência dos pontos amostrais principalmente aqueles que se encontravam próximas aos ninhos, entre as repetições. Formicidae foi também o grupo mais importante no trabalho de SOUZA et al. (2008) avaliando a estrutura da comunidade da fauna edáfica em fragmentos de Mata Atlântica na Restinga da Marambaia (RJ). Também foi o grupo que representou o maior número de indivíduos, conforme observado por TOLEDO (2003) e MENEZES et al. (2009) em floresta secundária com diferentes estádios de sucessão em Pinheiral, RJ.

4. CONCLUSÕES

A estrutura da comunidade da fauna edáfica mostrou-se sensível às alterações do ambiente, sendo que a atividade dos grupos Acari, Araneae, Diptera, Formicidae, Hymenoptera e Isopoda aumentou em função do estádio sucessional da floresta.

No mês de agosto verificou-se maior efeito da sazonalidade nos atributos da fauna, sendo a precipitação o principal fator responsável pelas variações ocorridas.

Dos índices avaliados, a riqueza média dos grupos foi a que mais representou a influência do estádio sucessional da floresta na comunidade da fauna edáfica. Os colêmbolos (Entomobryomorpha, Poduromorpha e Symphypleona) foram os grupos mais dominantes.

A fauna edáfica pode ser considerada um bom indicador da qualidade do ambiente e, consequentemente do ecossistema, uma vez que foi verificada a maior atividade de alguns grupos, riqueza média e presença de predadores na FEA, demonstrando o estado de equilíbrio e o bom funcionamento do ecossistema em função do avanço do estádio sucessional da floresta.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARLOW, A.J.; GARDNER, T.A.; FERREIRA, L.V. & PERES, C.A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 247, p. 91–97, 2007.

CALVI, G.P.; PEREIRA, M.G.; ESPINDULA JUNIOR, A.; MACHADO, D.L. Composição da fauna edáfica em duas áreas de floresta em Santa Maria de Jetibá, ES, Brasil. **Acta Agrônômica**, 59:37-45. 2010.

CASEIRO, I.; SANTOS, S.; SOUSA, J.P.; NOGUEIRA, A.J.A.; SOARES, A.M.V.M. Optimization of culture conditions of *Porcellio dilatatus* (Crustacea, Isopoda) for laboratory test development. **Ecotoxicol Environmental Saf.**, 47: 285-291, 2000.

CORREIA, M.E.F. & ANDRADE, A.G. **Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes**. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A. de. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Rev. e atual. - Porto Alegre: Metrópole. p.137-158, 2008.

COSTA, P. Fauna do Solo em **Plantios Experimentais de *Eucalyptus grandis* Maiden, *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Acacia mangium* Willd.** Dissertação de Mestrado, UFRRJ, Seropédica, Instituto de Agronomia, Dpto de Solos, 2002. 93p.

DINDAL, D. **Soil biology guide**. Ed. John Wiley and Sons. New York, 1990. 1348p.

DUCATTI, F. **Fauna edáfica em fragmentos florestais e em áreas reflorestadas com espécies da Mata Atlântica**. 70p. 2002. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz . Piracicaba, SP. Dissertação (Mestrado) 2002.

FERREIRA, D. F. **Sistema de Análises Estatísticas**. SISVAR 4.6. Lavras: UFLA, n.p. 2003.

FRANKLIN, E.N.; SCHUBART, H.O.R.; ADIS, J. Ácaros (Acari: Oribatida) edáficos de duas florestas inundáveis da Amazônia Central: distribuição vertical, abundância e recolonização do solo após a inundação. **Revista Brasileira de Biologia**, v.57, n.3., p.501-520. 1997.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S.S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. de; FILHO, B.F.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D. **Manual de Entomologia Agrícola**. São Paulo: 2ª edição. Ed. Agronômica Ceres, 1988.

GOMES, A.A.; MUSSURY, R.M.; SCALON, S.P.Q.; WATTHIER, F.; CUNHA, K.A.A.; SCALON FILHO, H. Avaliação do impacto da fragmentação de florestas nativas sobre a mesofauna edáfica na região de Dourados, MS. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.3, p. 612-618, 2007.

KATAGUIRI, V.S. **Restabelecimento da fauna edáfica e a qualidade da serapilheira na Floresta da USP – área de reflorestamento de Floresta Estacional Semidecidual**. 53p. 2006. Ribeirão Preto. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo. (Dissertação de Mestrado), 2006.

LAVELLE, P.; BLANCHARATA, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SAPIN, A.; TOUTAIN, F.; BAROIS, I. & SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, 25(2): 130-150, 1993.

MELO, F.V.; BROWN, G.G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J.N.C.; LUIZÃO, F.J. MORAIS, J.W.; ZANETTI, R. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores**. Biologia do Solo. Boletim informativo da SBCS. jan.-abr. 2009.

MENEZES, C.E.G.; CORREIA, M.E.F.; PEREIRA, M.G.; BATISTA, I.; RODRIGUS, K.M.; COUTO, W.H.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, I.P. Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de floresta estacional semidecídua e pastagem mista em Pinheiral, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:1647-1656, 2009.

MENEZES, C.E.G.; PEREIRA, M.G.; CORREIA, M.E.F.; ANJOS, L.H.C.; PAULA, R.R.; SOUZA, M.E. Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.3, p.439-452, 2010.

MOÇO, M.K.; GAMA-RODRIGUES, E.F. da; GAMA-RODRIGUES, A.C. da & CORREIA, M.E.F. caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.555-564, 2005.

MOLDENKE, A.R. Arthropods In WEAVER, R.W., ANGLE, S., BOTTOMLEY, P., BEZDICEK, D., MITH, S., TABATABAI, A., WOLLUM, A. eds. **Methods of soil analysis** Micrógafosbial and biochemical properties. Part 2. Madison. SSSA, p. 517-542, 1994.

MORAES, L.F.D. **Indicadores da restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ**. 111p. 2005. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. Seropédica, RJ. (Tese de Doutorado) 2005.

MOREIRA, F.M.S.; HUISING, J.; BIGNELL, D.E. **Manual de Biologia dos Solos Tropicais**. Amostragem e Caracterização da Biodiversidade. 1. ed. Lavras: UFLA, v. 1. 368 p. 2010.

MUSSURY, R.M.; SCALON, S.P.Q.; GOMES, A.A.; BATISTA, M.R.; SCALON FILHO, H. Flutuação populacional da mesofauna em fragmentos de mata na região de Dourados, MS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p. 645-650, 2008.

OLIVEIRA, L. C. M. **Caracterização de macroartrópodos edáficos em uma mata de restinga, Maricá**. 92p. 1997. Dissertação de Mestrado, UFRJ, Instituto de Biologia, Rio de Janeiro. 1997.

PEREIRA, M.P.S.; QUEIROZ, J.M.; VALCARVEL, R.; NUNES, A.J.M. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Revista Ciência Florestal**. 17:197-204. 2007.

PIELOU, E.C. **Mathematical ecology**. New York, Wiley, 1977. 385p.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301p.

SILVA, E.S. **Ácaros (Arthropoda: Acari) edáficos da Mata Atlântica e Cerrado do Estado de São Paulo, com ênfase na superfamília Rhodacaroidea**. 86p. 2002. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz . Piracicaba, SP. (Dissertação de Mestrado), 2002.

SILVA, C.F.; PEREIRA, M. G.; TEIXEIRA, D.L.; ARAÚJO, J.L.S.; COUTINHO, F.S.; MENEZES, C.E.G.; SILVA, E.M.R. **Fungos micorrízicos arbusculares e proteína do solo relacionada à glomalina em áreas de agricultura, pastagem e fragmentos florestais da**

Mata Atlântica. In: FertBio 2010 - Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro , Guarapari, ES (CD-ROM), 2010.

SNYDER, B.A. & HENDRIX, P.F. Current and potential roles of soil macroinvertebrates (earthworms, millipedes and isopods) in ecological restoration. **Restoration Ecology.**, 16:629-636, 2008.

SOUZA, R. C.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; PAULA, R. R.; MENEZES, L. F. T. Estrutura da Comunidade da Fauna Edáfica em Fragmentos Florestais na Restinga da Marambaia, RJ. Rev. Bras. **Ciências Agrárias**, v.3, n.1, p.49-57. 2008.

TER BRAAK, C.J.F. & SMILAUER P. **CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination** (version 4.5). Micrófagoscomputer Power, Ithaca, 2002.

TOLEDO, L. de O. **Aporte de serapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no município de Pinheiral, RJ.** 80p. 2003. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas, Seropédica, RJ. (Dissertação de Mestrado), 2003.

TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, U.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M.C.; SCHAWGER, M. & JELTSCH, F. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: The importance of keystone structures. **Journal of Biogeography.**, 31:79-92, 2004.

ZIMMER, M. Is decomposition of woodland leaf litter influenced by its species richness? **Soil Biology & Biochemistry**, 34:277-284. 2002.

CAPÍTULO III

Atributos Químicos, Estoque de Carbono e Caracterização da Matéria Orgânica do Solo em Fragmento de Mata Atlântica com Diferentes Estádios Sucessionais, Pinheiral, Rio de Janeiro

RESUMO

Nos ecossistemas de florestas tropicais, principalmente aqueles sobre solos de baixa fertilidade natural, os aportes e acúmulos de serapilheira e transformações da matéria orgânica são fundamentais para manutenção ou melhoria das propriedades do solo e, conseqüentemente, da produtividade primária desses sistemas. Diante disso, objetivou-se neste capítulo caracterizar a fertilidade do solo e a matéria orgânica do solo, e estimar os estoques de carbono e nitrogênio, e assim selecionar possíveis indicadores que reflitam a qualidade do ambiente em função do avanço sucessional de áreas florestais secundárias. Foram selecionadas áreas com diferentes estádios sucessionais: FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio e FEA - Floresta estágio avançado. As amostragens foram realizadas em abril de 2009, sendo em cada área, no terço médio da encosta, abertas cinco trincheiras. Em cada trincheira foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, perfazendo cinco repetições para cada profundidade. A caracterização dos atributos químicos e da composição granulométrica foi realizada nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, enquanto a caracterização da matéria orgânica do solo (MOS) foi feita nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Para os atributos químicos verificaram-se variações significativas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, sendo na FEM constatados os maiores valores. Em relação aos teores e estoques de carbono e nitrogênio e a caracterização da matéria orgânica, verificaram-se variações somente na profundidade de 0-10 cm. Os teores e estoques de carbono e nitrogênio foram significativamente menores na FEI, e estatisticamente iguais nas áreas de FEM e FEA. A fração húmica (C-HUM) foi a fração que correspondeu a maior parte do carbono, seguida pela fração ácido fúlvico (C-FAF) e ácido húmico (C-FAH). Os teores de carbono da fração húmica foram ligeiramente menores na FEA, contudo nessa área verificaram-se maiores teores de ácidos fúlvicos e húmicos. Em relação à distribuição relativa das três frações húmicas em relação ao COT constatou-se que o processo de humificação está sendo mais expressivo na FEI e FEM nas duas profundidades avaliadas. O fracionamento granulométrico evidenciou que o carbono associado às partículas de silte e areia (COam) foi o mais sensível na detecção da sucessão das áreas, sendo maior na medida em que se avançou o estágio sucessional.

Palavras-chave: Mata Atlântica, estádios sucessionais, atributos edáficos.

ABSTRACT

In tropical forest ecosystems, especially those on low soil fertility, the inputs and accumulations of litter and organic matter transformations are key to maintaining or improving soil properties and hence the primary productivity of these systems. The research objective in this chapter to characterize the soil fertility and soil organic matter, and to estimate the stocks of carbon and nitrogen in the secondary forest in different successional stages, these being: FEI -Initial forest stage; FEM – Medium forest stage and FEA - Advanced forest stage. Samples were taken in april 2009, and in each area, the middle third of the slope trenches, five were opened. In each trench soil samples were collected at 0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm, making five repetitions for each depth. The characterization of fertility and the texture was carried out at 0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm. The characterization of soil organic matter (MOS) was performed at 0-10 and 10-20 cm. For the attributes of fertility was observed that the successional stages had low levels of bases, but when the areas were compared there were greater variations in 0-10 and 10-20 cm, being the FEM recorded the highest values. In relation the levels and stocks of carbon and nitrogen and organic matter characterization, were found for the successional stages only variations in the depth of 0-10 cm. The level and stock of carbon and nitrogen were significantly lower in the FEI, and statistically equal in the areas of FEM and FEA. The humin fraction (C-HUM) was the fraction that corresponded to most of the humified carbon, followed by fulvic acid fraction (C-FAF) and humic acid (C-FAH). The levels of carbon humin fraction was slightly lower in the FEA, however this area there were higher levels of fulvic and humic acids. In relation the relative distribution of three humic fractions in relation to the COT was found that the humification process is more pronounced on the FEI and FEM at both depths studied. The granulometric fractionation showed that the carbon associated with silt and sand particles (COam) was the most sensitive in succession areas detection, being higher as they advanced the stage of succession.

Key words: Atlantic forest, successional stages, soil attributes.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade dos ecossistemas depende, em grande parte, da manutenção das propriedades edáficas dentro de níveis que permitam a restauração desses e que não venha afetar a sua capacidade produtiva e suas condições ambientais.

Nos ecossistemas de florestas tropicais, principalmente aqueles sobre solos com baixos teores de bases, os aportes e acúmulos de serapilheira e transformações da matéria orgânica são fundamentais para manutenção ou melhoria das propriedades do solo e, conseqüentemente, da produtividade primária desses sistemas.

A matéria orgânica representa a componente fundamental para a manutenção da qualidade do solo, estando envolvida em diversos processos químicos, físicos e biológicos (VEZZANI et al., 2008). Desequilíbrios no seu aporte e alterações nas taxas de decomposição podem provocar a redução do seu conteúdo nos solos, desencadeando processos de degradação (ROSCOE & MACHADO, 2002). Desta forma, a fertilidade do solo e a sustentabilidade dos ecossistemas estão intimamente relacionadas à manutenção da matéria orgânica.

Embora contribua somente com uma pequena parcela da massa total dos solos minerais, a matéria orgânica do solo (MOS) é um componente essencial nos diversos processos químicos, físicos e biológicos de ecossistemas terrestres (CHRISTENSEN, 2001). Está relacionada com a manutenção da qualidade do solo, na sustentabilidade dos sistemas naturais e agrícolas e no balanço de gases de efeito estufa (WIGLEY & SCHIMMEL, 2000).

Para FREIXO et al. (2002), a MOS constitui o maior reservatório de carbono nos ecossistemas terrestres, sendo os valores do estoque estimados entre 1.200 e 1.500 Pg, superando, assim, o estoque de carbono na biota (ANDERSON, 1995).

A retirada da cobertura vegetal original e a implantação de culturas, aliadas às práticas de manejo inadequadas, promovem o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, modificando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, limitando sua utilização agrícola e tornando-o mais susceptível à degradação (CENTURION et al., 2001). Essas modificações podem levar a um rápido declínio dos estoques de carbono, contribuindo para o aumento das emissões de gases para a atmosfera. O carbono no solo pode se acumular em frações lábeis ou estáveis da MOS, o que pode ter implicações na durabilidade do seu efeito quanto à retenção de C atmosférico, bem como nas alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (BAYER et al., 2004).

Em relação aos compartimentos da MOS, de uma forma mais abrangente, THENG (1989) os classificou em matéria orgânica viva e matéria orgânica morta. Nessa classificação o compartimento vivo, que representa aproximadamente 4% do carbono orgânico total do solo, foi subdividido em três compartimentos: raízes (5-10%), fauna (15-30%), e microorganismos (60-80%); e o compartimento morto em matéria macroorgânica ou fração leve e húmus (THENG, 1989). STEVENSON (1994) classificou a matéria orgânica do solo distinguindo-a em diferentes compartimentos: biomassa microbiana; carbono orgânico particulado, tipicamente composto de resíduos de plantas, animais e microrganismos; carbono orgânico associado a minerais; e substâncias húmicas, as quais compreendem ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas.

Quanto à compartimentalização da MOS, no tocante ao C acumulado, as técnicas de fracionamento químico e físico da MOS têm sido comumente utilizadas para essa divisão (BAYER et al., 2004). No entanto, para definição do método a ser empregado deve ser considerada a natureza do estudo, que pode ter como finalidade, a caracterização e identificação química de seus componentes específicos, ou a quantificação e descrição de seus compartimentos (COLLINS et al., 1997).

As frações húmicas avaliadas através do fracionamento químico englobam uma categoria de ocorrência natural, biogênica, composta de substâncias orgânicas heterogêneas que geralmente se caracterizam por coloração que pode variar de amarelada ou até tons mais escuros, com alto peso molecular e de natureza refratária (BENITES et al., 2003).

De modo geral as frações humificadas são distribuídas em três categorias: as huminas que representam a matéria orgânica intimamente ligada à fração mineral do solo, e por isso insolúvel; os ácidos fúlvicos, que apresentam grande quantidade de grupamentos funcionais oxigenados e são solúveis tanto em meio ácido como básico, e os ácidos húmicos, insolúveis em meio fortemente ácido, pois, com a protonação dos grupamentos funcionais ocorre o colapso da estrutura e precipitação das macromoléculas. Essas frações interagem com a fração mineral, interferindo, assim, na dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta e exercendo um papel primordial na manutenção da fertilidade do solo (BENITES, 2003).

O fracionamento granulométrico da MOS (CAMBARDELLA & ELLIOT, 1992) consiste na separação de duas frações orgânicas: o carbono orgânico particulado (COp) e o carbono orgânico associado aos minerais (COam). O COp é a fração da MOS separada por dispersão e peneiramento do solo associada à fração areia ($COp \geq 53\mu m$), sendo caracterizado como partículas derivadas de resíduos de plantas e hifas com estrutura celulares reconhecíveis, cuja permanência no solo está condicionada à proteção física desempenhada por agregados (GOLCHIN et al., 1994). O COam é a fração da MOS associada às frações silte e argila do solo ($COam < 53\mu m$), sendo definida como a fração da MOS que interage com a superfície de partículas minerais, formando os complexos organominerais, estando protegida pelo mecanismo de proteção coloidal (CHRISTENSEN, 2001).

Em função do exposto, constata-se a importância de se avaliar a dinâmica da matéria orgânica no solo e de como ela pode ser utilizada como um eficiente indicador das alterações provocadas pelo uso e manejo das terras, pois ela tem reflexo nos atributos do solo. Essas vão desde uma maior retenção no conteúdo de água no solo, na capacidade de troca de cátions (CTC), na gênese dos agregados, nas propriedades físicas, na fertilidade dos solos e na diminuição da emissão de gases que contribuem para o efeito estufa.

Neste sentido, a retirada da cobertura natural com posterior uso agrícola do solo e, muitas vezes, com o subseqüente abandono e formação de vegetação secundária em áreas com relevo acidentado, pode afetar significativamente as propriedades do solo e assim modificar a paisagem da qual faz parte.

Diante disso, objetivou-se neste capítulo avaliar os atributos da matéria orgânica do solo, selecionando possíveis indicadores que reflitam a qualidade do ambiente em função do avanço sucessional de florestas secundárias de Mata Atlântica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta e Preparo das Amostras do Solo

Para a caracterização dos atributos físicos e químicos dos solos, realizaram-se coletas em abril de 2009. Sendo em cada área abertas, no terço médio da encosta, cinco trincheiras, dentro do limite da parcela de 20 x 20 metros (Figura 25).

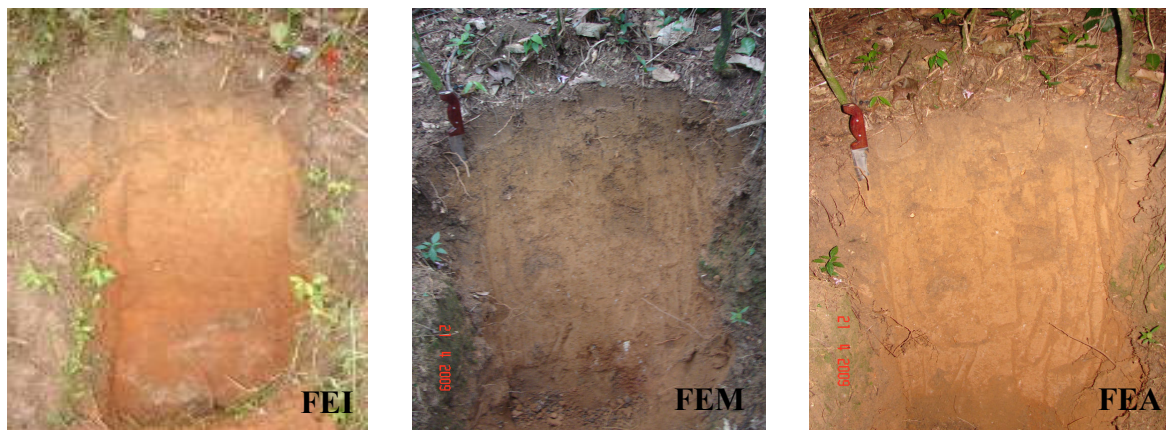


Figura 25. Perfis do solo (Cambissolo Háplico) sob as áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA).

Em cada trincheira foram coletadas amostras de terra nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, perfazendo cinco repetições para cada profundidade.

As amostras foram identificadas e encaminhadas para laboratório, sendo secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). A caracterização dos atributos químicos e da composição granulométrica foi realizada nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. A caracterização da matéria orgânica do solo (MOS) foi feita nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

2.2. Composição Granulométrica do Solo

Amostras de TFSA foram dispersas em NaOH 1 mol L⁻¹ e agitadas, em baixa rotação, por 16 horas, conforme modificação proposta por REZENDE (1979). O teor de argila total foi determinado por suspensão, pelo método da pipeta (DAY, 1965). A fração areia foi separada por tamisação, em peneira de malha 0,2 mm. O silte foi obtido por diferença.

2.3. Atributos Químicos do Solo

Para caracterização dos atributos químicos do solo utilizaram-se amostras de TFSA, sendo essas submetidas às seguintes determinações: pH em água, H⁺+Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, Al⁺³. A partir das concentrações, calcularam-se: a soma de bases Valor S (= Ca⁺² + Mg⁺² + Na⁺ + K⁺), o Valor T (Valor S + H⁺+Al⁺³) e a saturação por bases V% (=Valor S/Valor T)*100). As análises químicas foram realizadas segundo EMBRAPA (1997).

2.4. Densidade do Solo

A densidade do solo (D_s) foi determinada com o auxílio do anel de Kopeck, segundo EMBRAPA (1997). A amostra após coletada foi seca em estufa a 105-110°C, até atingir massa constante, a densidade foi calculada pela expressão :

$$D_s = M_s/V_t ;$$

Em que: M_s = Massa do solo seco a 105-110 °C, V_t = Volume do anel de Kopeck. Os resultados foram expressos em $Mg\ m^{-3}$.

2.5. Carbono Orgânico Total do Solo

Foi determinado o carbono orgânico total (COT) segundo YEOMANS & BREMNER (1988). Pesou-se aproximadamente 0,5 g de TFSA, sendo posteriormente transferidos para um Erlenmeyer. Adicionaram-se 5 mL de solução de $K_2Cr_2O_7\ mol\ L^{-1}$ com ajuda de uma pipeta volumétrica, em seguida acrescentou-se 7,5 mL de H_2SO_4 concentrado. Após o pré-aquecimento do bloco digestor até a temperatura de 80°C, os tubos foram colocados no bloco e mantidos nesta temperatura por 30 minutos, em seguida, ficaram esfriando por 15 minutos.

Após essa etapa adicionou-se água destilada até um volume final de 80 mL no Erlenmeyer, sendo posteriormente adicionados 0,3 mL de solução indicadora (Ferrou). As amostras foram tituladas com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,2 $mol\ L^{-1}$.

2.6. Nitrogênio Total do Solo

A determinação do N total (NT) foi realizada pelo método adaptado por TEDESCO et al. (1995). Pesaram-se amostras de 0,5 g de TFSA, sendo transferidas para tubos de ensaio com 1 mL de $H_2O_2\ 30\%$, 2,0 mL de $H_2SO_4\ P.A.$ e 0,7 g da mistura de digestão ($Na_2SO_4 + CuSO_4.5H_2O$), que atua como catalisador na conversão do N orgânico em $N-NH_4^+$. Os tubos foram aquecidos em bloco digestor até que todo o material tenha sido degradado. Após esfriar, o extrato obtido foi transferido para tubos falcon e o volume aferido a 50 mL.

A destilação da amônia foi obtida através do arraste de vapor, com a adição de 10 mL de NaOH (10%) em 10 mL do extrato. Foram então coletados de 35 a 40 mL de destilado em Erlenmeyer, contendo 5 mL de indicador ácido bórico. Essa solução foi titulada com $H_2SO_4\ 0,025\ mol\ L^{-1}$ em bureta automática.

2.7. Cálculos dos Estoques de Carbono e Nitrogênio do Solo

Os estoques de carbono (EstC) e nitrogênio (EstN) foram determinados a partir da expressão, proposta por Freixo et al. (2002).

$$EstC\ ou\ EstN\ (Mg\ ha^{-1}) = (C\ ou\ N \times D_s \times e) / 10;$$

Em que C ou N é o valor do teor de COT e NT na camada ($g\ kg^{-1}$); D_s , a densidade do solo ($Mg\ m^3$) e; e a espessura da camada em análise em cm.

2.8. Fracionamento Químico da Matéria Orgânica do Solo

O fracionamento foi realizado segundo a técnica de solubilidade diferencial, utilizando-se os conceitos de frações húmicas estabelecidos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas, adaptado por BENITES et al. (2003). Para a extração dos ácidos húmicos e fúlvicos foi empregada solução de NaOH 0,1 $mol\ L^{-1}$ na relação solo:extrator de 1:10 p/v, utilizando-se 1,0 g de TFSA e um tempo de contato de 24 h.

A separação entre o extrato alcalino e o resíduo foi realizada por centrifugação a 3.000 g ($FCR_{\text{média}}$) por 30 minutos. Foram realizadas três lavagens do resíduo com a mesma solução, adicionando-se os extratos aos anteriormente reservados. O resíduo foi recolhido em placas de Petri e reservado para determinação do carbono da fração húmica (C-HUM).

O extrato alcalino teve seu pH ajustado para $1,0 \pm 0,1$ com solução aquosa de H_2SO_4 20% e foi decantado por 18 h. Após esse procedimento, o precipitado, carbono da fração ácido húmico (C-FAH), foi separado da fração solúvel por centrifugação a 3.000 g ($FCR_{\text{média}}$) por 5 min, rediluído em solução NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ e seu volume aferido para 50 mL. A porção solúvel no extrato acidificado, carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF), teve seu volume aferido para 50 mL, utilizando-se água destilada.

A quantificação do carbono das frações C-FAF e C-FAH foi feita utilizando-se alíquotas de 5,0 ml de extrato, 1,0 ml de dicromato de potássio $0,042 \text{ mol L}^{-1}$ e 5,0 mL de H_2SO_4 concentrado, em bloco digestor a $150 \text{ }^\circ\text{C}$ (30 min) e titulação com sulfato ferroso amoniacal $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$.

No resíduo que foi seco em estufa, foi determinado o carbono orgânico da fração húmica (C-HUM), adicionando-se 5,0 mL de dicromato de potássio $0,1667 \text{ mol L}^{-1}$ e 10,0 mL de H_2SO_4 concentrado, em bloco digestor a $150 \text{ }^\circ\text{C}$ (30 min) e titulação com sulfato ferroso amoniacal $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ e indicador ferroin.

2.9. Fracionamento Granulométrico do Solo

Para a análise do fracionamento granulométrico (CAMBARDELLA & ELLIOT, 1992) utilizaram-se 20 g de TFSA e 60 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}), agitados durante 15 horas em agitador horizontal. Posteriormente, a suspensão foi passada em peneira de $53 \text{ }\mu\text{m}$ com auxílio de jato de água.

O material retido na peneira ($\geq 53 \text{ }\mu\text{m}$), que consistiu no carbono orgânico particulado (COP) foi submetido a secagem em estufa a 50°C (24h), sendo posteriormente quantificado em relação à sua massa. Já, o material que passou pela peneira ($< 53 \text{ }\mu\text{m}$), que consiste no carbono orgânico associado aos minerais (COam) das frações silte e argila, foi obtido por diferença entre o COT e COP.

2.10. Análise dos Dados

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de normalidade da distribuição dos erros (teste de Lilliefors) e homogeneidade das variâncias dos erros (teste de Cochran), ambos analisados através do Sistema para Análises Estatísticas (SAEG 9.1), da Fundação Arthur Bernardes, da Universidade Federal de Viçosa (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

Atendendo as pressuposições de normalidade e homogeneidade os valores médios foram comparados por meio do teste t de Bonferroni a 5% de probabilidade ($P < 0,05$), com a utilização do programa estatístico SISVAR 4.3., da Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2003).

Foi realizada uma análise multivariada com o objetivo de integrar as informações dos atributos do solo, nos tratamentos em que ocorreram. Essas variáveis foram submetidas a uma análise inicial para averiguar o comprimento do gradiente (DCA: detrended correspondence analysis). Como o comprimento foi inferior a três (resposta linear), realizou-se a análise dos componentes principais (ACP), com a utilização do pacote estatístico Canoco (TER BRAAK & SMILAUER, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição Granulométrica do Solo

A composição textural nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, de cada estágio sucessional da floresta, são apresentadas na Tabela 18. Na área em estágio inicial (FEI) verificou-se que a classe textural variou de franco-argilosa nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, a argila nas camadas de 20-30 e 30-40 cm.

Tabela 18. Composição granulométrica do solo (g kg⁻¹) das áreas de floresta secundária nos diferentes estágios sucessionais, Pinheiral, RJ.

Prof. (cm)	Composição Granulométrica			Classificação SBCS	
	Areia	Silte	Argila	Detalhada	Simplificada
	-----g kg ⁻¹ -----			FEI	
0-10	440	190	370	franco-argilosa	argilosa
10-20	430	210	360	franco-argilosa	argilosa
20-30	400	170	430	argila	argilosa
30-40	400	130	470	argila	argilosa
FEM					
0-10	460	230	310	franco-argilo-arenosa	média
10-20	470	230	300	franco-argilo-arenosa	média
20-30	440	210	350	franco-argilosa	argilosa
30-40	430	220	350	franco-argilosa	argilosa
FEA					
0-10	560	180	260	franco-argilo-arenosa	média
10-20	460	230	310	franco-argilo-arenosa	média
20-30	410	240	350	franco-argilosa	argilosa
30-40	410	240	350	franco-argilosa	argilosa

Legenda: SBCS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Nos estágios médio (FEM) e avançado (FEA) foi verificada a mesma classe textural franco-argilo-arenosa, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm e nas profundidades de 20-30 e 30-40 cm, a classe textural foi a franco-argilosa.

3.2. Fertilidade do Solo

Na Tabela 19 são apresentados os valores de pH, soma de bases (S), valor T e saturação de bases (V%) dos diferentes estágios sucessionais nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm.

Através da análise desses atributos, pode-se constatar que, de maneira geral, as áreas apresentaram baixos teores de bases. No entanto, quando comparadas verificou-se na FEM melhor fertilidade. Os baixos conteúdos de nutrientes em solos sob florestas secundárias, também foi observado nos estudos de TOLEDO (2003) e MENEZES (2008), ambos em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, Rio de Janeiro.

Os valores de pH (acidez ativa), entre as áreas, em todas as profundidades foram baixos, variando de 4,14 a 5,38. Na área FEA verificou-se menor acidez ativa em todas as profundidades, além disso, observou-se um decréscimo desses valores em profundidade. Os outros atributos relacionados à de acidez, representados pela acidez trocável - Al^{+3} e a acidez extraível - H^+ não diferiram entre as áreas e profundidades.

Os menores valores do pH na área FEA, principalmente, na camada de 0-10 cm devem-se aos valores de $H+Al$, os quais foram ligeiramente maiores nessa área e profundidade, e correlacionaram positivamente (0,83; $p < 0,05$) com os valores de pH.

Em relação aos teores de Ca, Mg e Na, de maneira geral, verificaram-se maiores valores em todas as profundidades na área de FEM, inclusive na profundidade de 0-10 cm onde esses valores foram mais expressivos. Para os teores de K, apesar de terem sido verificadas diferenças significativas entre as áreas houve, também, uma tendência de maiores valores na FEM.

Os valores da soma de bases (S), valor T e saturação por bases foram, de maneira geral, superiores na FEM nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. O valor de saturação (V%) variou de 11 a 29% na FEI, de 26 a 54% na FEM e de 19 a 34% na FEA.

Os maiores valores da saturação por bases na área FEM, principalmente, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, devem-se aos maiores valores de bases trocáveis verificados nessa área, associados às menores concentrações de $H+Al$, que mesmo não diferindo entre as áreas, influenciaram nos valores de V%. Nas camadas subsequentes os valores de saturação não diferiram entre as áreas.

Valores de saturação próximos aos observado neste estudo foram verificados por MENEZES (2008), estudando a integridade da paisagem, manejo e atributos do solo no médio vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, RJ, nas mesmas áreas do presente estudo. O autor observou valores variando de 16 a 28% no estágio inicial de sucessão, 17 a 52% no estágio médio e 19 a 28% no estágio avançado. Os maiores valores de saturação por bases na FEM, como observado por MENEZES (2008) podem ser atribuídos aos teores dos nutrientes oriundos do aporte e estoque da serapilheira (K, Ca e Mg) que somados, de maneira geral, expressaram maiores valores para essa área, quando comparada com as florestas em estágio inicial (FEI) e avançada (FEA).

A contribuição relativa da soma dos teores dos elementos Ca, Mg e K do aporte e estoque na floresta em estágio médio (FEM) foram, respectivamente, de 53 e 74%. Enquanto na área de FEI os valores foram de 55 e 60% e na FEA de 37 e 63%. Somado a isso, nessa área foi constatada a menor velocidade de decomposição do material foliar em comparação as áreas de FEA e FEI.

Comparando-se a dinâmica dos nutrientes nas florestas avaliadas, percebe-se que mesmo na FEI tenham sido verificados valores intermediários dos teores dos nutrientes, provenientes do aporte e estoque, a posição do relevo associada a um sub-bosque com inexpressiva regeneração natural, provavelmente, está influenciando nessa dinâmica. O relevo íngreme e a vegetação de sub-bosque pouco pronunciada fazem com que os materiais que são aportados ao solo sejam, mais facilmente, transportados em eventos de maior precipitação, sendo depositados nas partes mais baixas da paisagem. Como a caracterização da fertilidade das áreas foi realizada no terço superior da encosta os baixos teores das bases trocáveis, inclusive a saturação por bases, refletem as características do local e conseqüentemente os menores valores de fertilidade no solo para essa área.

Na FEA os valores por saturação por bases foram inferiores aos demais estádios sucessionais. Uma possível explicação para os menores nessa área, como discutido no Capítulo I, pode ser atribuída à imobilização das bases nas espécies de maior porte, como as verificadas nesse estágio, sendo os elementos estocados principalmente nos compartimentos

de maior biomassa vegetal como os troncos, diminuindo dessa forma seus teores na serapilheira, e conseqüentemente no solo.

Avaliando a fertilidade e a dinâmica da matéria orgânica do solo como indicador da restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ, MORAES et al. (2008) verificaram valores mais baixos de Ca+Mg na floresta secundária, quando comparada a áreas de plantio com espécies florestais e pastagem. Segundo os autores o padrão de menores valores em florestas secundárias pode estar relacionado à estrutura mais complexa da vegetação, imobilizando mais fortemente os elementos.

Os nutrientes liberados e dissociados na solução do solo, a velocidade a qual são absorvidos pelas árvores na área FEA pode estar diretamente relacionada com a alta diversidade de espécies, bem como a maior densidade dos indivíduos, proporcionando uma maior biomassa de raízes finas, sendo essas as principais responsáveis pela absorção dos nutrientes do solo, reduzindo assim seus teores no solo.

Em função do exposto, o maior conteúdo de bases na FEM, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, quando comparada às demais áreas, é atribuído aos maiores valores dos teores dos nutrientes oriundos da serapilheira e da velocidade de decomposição do material, garantindo uma melhor fertilidade do solo para esse estágio sucessional.

Segundo GUARIGUATA & OSTERTAG (2001) e MORAES et al. (2008) a ciclagem em estádios iniciais de sucessão é caracterizada por uma rápida renovação dos nutrientes. Já, em estádios tardios as taxas de renovação dos nutrientes são mais lentas. Corroborando esse padrão, foram evidenciadas neste estudo as estratégias que as florestas em estádios iniciais de regeneração natural apresentam para garantir seu desenvolvimento, como também propiciar o estabelecimento de novas espécies, podendo assim, alcançar estádios avançados de sucessão.

Tabela 19. Valores* de pH e dos componentes do complexo sortivo das áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.

Áreas de estudo	pH	Al ⁺³	H ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	H+Al	S	T	V
		-----cmol _c kg ⁻¹ -----									
Prof (cm)											
0-10											
FEI	5,06 a	1,09 ns	4,57 ns	1,06 b	1,03 b	0,01 c	0,18 ns	5,66 ns	2,28 b	7,94 ns	29 b
FEM	5,38 a	0,46 ns	4,05 ns	2,78 a	2,10 a	0,06 a	0,38 ns	4,51 ns	5,32 a	9,83 ns	54 a
FEA	4,14 b	1,17 ns	4,72 ns	1,60 ab	0,99 b	0,03 b	0,22 ns	5,89 ns	2,84 b	8,73 ns	33 b
CV%	8	60	7	48	22	33	54	8	37	8	7
10-20											
FEI	4,79 a	2,00 ns	3,23 ns	0,23 ns	0,36 b	0,01 c	0,07 ns	5,23 ns	0,67 b	5,90 ns	11 b
FEM	4,94 a	1,65 ns	3,35 ns	0,58 ns	0,88 a	0,05 a	0,23 ns	5,00 ns	1,74 a	6,74 ns	26 a
FEA	4,23 b	2,52 ns	2,88 ns	0,63 ns	0,54 b	0,02 b	0,11 ns	5,40 ns	1,30 ab	6,70 ns	19 ab
CV%	5	28	19	61	36	14	86	13	41	12	29
20-30											
FEI	4,77 ab	2,43 ns	2,37 ns	0,58 ns	0,70 ns	0,00 c	0,04 ns	4,80 ns	1,32 ns	6,12 ns	22 ns
FEM	4,85 a	2,22 ns	2,58 ns	0,53 ns	1,03 ns	0,05 a	0,17 ns	4,80 ns	1,78 ns	6,58 ns	27 ns
FEA	4,39 b	2,52 ns	2,15 ns	0,62 ns	0,96 ns	0,01 b	0,06 ns	4,67 ns	1,65 ns	6,32 ns	26 ns
CV%	6	20	21	36	55	10	114	13	42	14	28
30-40											
FEI	4,60 ab	2,51 ns	2,16 ns	0,46 a	0,40 b	0,00 b	0,04 ns	4,67 ns	0,90 b	5,57 b	16 b
FEM	4,87 a	2,23 ns	1,95 ns	0,33 b	1,68 a	0,04 a	0,12 ns	4,18 ns	2,17 a	6,35 a	34 a
FEA	4,47 b	2,10 ns	1,88 ns	0,50 a	1,43 ab	0,01 b	0,08 ns	3,98 ns	2,02 a	6,00 ab	34 a
CV%	4	17	18	16	50	49	93	12	32	14	19

*Médias de cinco repetições. Valores seguidos de letras diferentes na coluna para cada profundidade diferem entre si (P<0,05), pelo teste t de Boferroni; ns: não significativo. Legenda: CV%: coeficiente de variação; FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

3.3. Densidade do Solo, Carbono Orgânico Total e Nitrogênio Total

Os valores de densidade do solo (Ds), carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) são apresentados na Tabela 20. Os valores de Ds aumentaram em profundidade, sendo na camada de 0-10 cm, observado valor médio significativamente maior na FEM (1,29 Mg m⁻³), intermediários na FEI (1,24 Mg m⁻³) e menores na FEA (1,18 Mg m⁻³). Na camada de 10-20 cm a Ds não diferiu entre as áreas, e os valores variaram de 1,30 Mg m⁻³ a 1,42 Mg m⁻³.

Tabela 20. Valores* de densidade do solo, carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) das áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.

Áreas de estudo	Ds	COT	NT
	(Mg m ⁻³)	-----g kg ⁻¹ -----	
0-10 cm			
FEI	1,24 ab	28,53 b	0,94 b
FEM	1,29 a	38,29 ab	1,45 a
FEA	1,18 b	40,59 a	1,23 ab
CV%	5	17	15
10-20 cm			
FEI	1,42 ns	19,65 ns	0,50 ns
FEM	1,32 ns	24,06 ns	0,99 ns
FEA	1,30 ns	21,70 ns	1,03 ns
CV%	7	26	42

*Médias de cinco repetições. Valores seguidos de letras diferentes na coluna para cada profundidade diferem entre si (P<0,05), pelo teste t de Boferroni; ns: não significativo. Legenda: CV%: coeficiente de variação; FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Avaliando as mesmas áreas deste estudo MENEZES (2008) também verificou menores valores de Ds na profundidade de 0-10 cm. No entanto, os valores de Ds observados pelo autor foram maiores dos que os encontrados neste estudo, como exemplo na FEA na camada de 0-10 cm em que a Ds foi 1,44 Mg m⁻³.

Os valores de Ds na camada superficial do solo se encontram nas faixas de valores observados por SANTOS et al. (2010), avaliando a gênese e classificação de uma topossequência no ambiente Mar de Morros, também, no município de Pinheiral para a classe CAMBISSOLO HÁPLICO. Os autores quantificaram valores de Ds variando de 1,07 Mg m⁻³ no perfil localizado no topo a 1,39 Mg m⁻³ no perfil localizado no terço médio da paisagem.

O menor valor de Ds na profundidade de 0-10 cm na FEA, quando comparado com o da área de FEM, está relacionado ao maior aporte de serapilheira nessa área e também a maior proporção de COT. SZAKÁCS (2003) avaliando a potencialidade de solos arenosos sob pastagens em sequestrar carbono em Anhembi, Piracicaba - SP, explica que os valores de Ds são influenciados principalmente por três fatores: maior desenvolvimento radicular, atividade da macrofauna e maior conteúdo de matéria orgânica. Esse padrão também foi observado por MENEZES (2008) e segundo o autor os menores valores de Ds na área de FEA podem ser atribuídos ao maior aporte de serapilheira, à maior densidade de raízes finas, aos melhores índices ecológicos da macrofauna e à taxa de decomposição mais elevada.

Esses processos, segundo BERTOL et al. (2001), fazem com que os compostos orgânicos sejam transformados mais rapidamente, influenciando na agregação do solo e consequentemente, promovendo a redução nos valores da Ds.

Em relação ao COT, assim como verificado para a Ds os valores diminuíram em profundidade. Esse padrão pode ser explicado pela camada superficial do solo ser a zona onde a deposição de materiais orgânicos ocorre com maior intensidade. Estudando o estoque de carbono e nitrogênio em resíduos vegetais de distintos sistemas de uso do solo em Janaúba, MG, Dias et al. (2009) observaram que a área de mata nativa foi o ecossistema que apresentou o maior acúmulo de serapilheira na superfície do solo, influenciando significativamente nos valores de COT na camada superficial quando comparada com os outros sistemas.

Os valores de COT na camada de 0-10 cm foram significativamente superiores na FEA (40,59 g kg⁻¹), quando comparados com a FEI (28,53 g kg⁻¹) (Tabela 20). No entanto quando se analisam as áreas de FEM (38,29 g kg⁻¹) e FEA não verificam-se diferenças entre essas, porém observa-se uma tendência de maiores valores para a FEA.

Os valores de COT na área FEA foram correlacionados negativamente (-0,89; p<0,05) com a Ds, ou seja, à medida que os valores de COT aumentaram os valores de Ds diminuíram. Isso pode ser atribuído, possivelmente, a melhoria das condições de agregação e aumento da porosidade nessa área. Esse padrão também foi constatado por BRAIDA et al. (2006), avaliando diferentes resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade do solo no município de Santa Maria (RS). GIÁCOMO et al. (2008) estudando os estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações húmicas do solo sob diferentes coberturas florestais em Seropédica RJ e Fernandes (2005) avaliando a influência da cobertura vegetal nos atributos edáficos na mesma área que GIÁCOMO et al. (2008) verificaram o mesmo padrão.

Os maiores valores de COT na FEA são decorrentes do maior aporte de serapilheira nessa área e da maior atividade e diversidade de organismos da fauna edáfica. Como discutido no Capítulo II a serapilheira propicia condições favoráveis para o desenvolvimento da fauna edáfica, e desta forma, favorece a fragmentação do material com consequente liberação de C orgânico para o solo, aumentando assim os teores de COT (BROMICK & LAL, 2005). Adicionalmente os maiores teores de COT observados na FEA, decorrentes da maior quantidade de serapilheira, podem estar protegendo a camada superficial do solo, contra o impacto direto das gotas de chuva. De acordo com MACHADO (2007) uma cobertura mais espessa de serapilheira evita a ação direta da chuva na superfície do solo, dissipando assim a energia e reduzindo a degradação e a formação de uma crosta superficial de baixa permeabilidade, consequentemente, favorece a infiltração da água no solo e diminui a erosão.

Na profundidade de 10-20 cm não foram verificadas diferenças significativas entre as áreas para os teores de COT. No entanto, pode-se dizer que as áreas de FEI e FEM apresentam um grande potencial em acumular COT no solo, ou que o acúmulo de carbono nesses estádios é semelhante a uma floresta avançada.

Em relação ao nitrogênio (NT), os maiores valores de N contidos na serapilheira não proporcionaram elevados valores de nitrogênio total (NT) no solo. Na profundidade de 0-10 cm os valores de N foram estatisticamente iguais nas áreas de FEM (1,45 g kg⁻¹) e FEA (1,23 g kg⁻¹) e inferiores na área de FEI (0,94 g kg⁻¹). Na profundidade de 10-20 cm verificou-se mesmo padrão que o observado para COT, não sendo observadas diferenças entre as áreas, com valores variando de 0,50 g kg⁻¹ a 1,03 g kg⁻¹.

Uma possível explicação para a não diferença dos teores de NT do solo entre as áreas de FEM e FEA, provavelmente, se deve a maior atividade da fauna na FEA. A presença expressiva do número de indivíduos nessa área em função das melhores condições tróficas, como exemplo a serapilheira de melhor qualidade, rica em nitrogênio, pode ter influenciado na rápida assimilação desse elemento pelos organismos da fauna, e assim afetando os valores

de NT no solo. Estudos desenvolvidos por DIAS et al. (2006), avaliando a relação entre árvores fixadoras de nitrogênio e a macrofauna edáfica, verificaram que a macrofauna edáfica no tocante à atividade e diversidade foi mais expressiva sob as copas de leguminosas, inclusive as fixadoras de nitrogênio.

3.4. Estoques de Carbono e Nitrogênio

Os valores do estoque de carbono (EstC) e nitrogênio (EstN) são apresentados na Figura 26 e Figura 27, respectivamente. Os valores do estoque de carbono (EstC) foram significativamente inferiores na FEI ($35,48 \text{ Mg ha}^{-1}$), e iguais entre as áreas de FEM ($49,59 \text{ Mg ha}^{-1}$) e FEA ($47,54 \text{ Mg ha}^{-1}$).

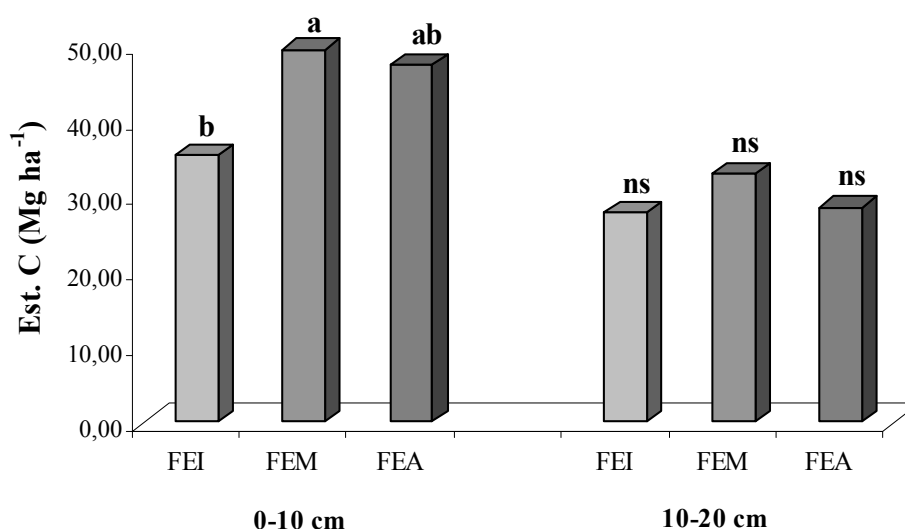


Figura 26. Estoque de carbono (Mg ha^{-1}) nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Valores com letras diferentes entre áreas para cada profundidade diferem entre si ($P < 0,05$), pelo teste t de Boferroni; ns: não significativo. Coeficiente de variação (CV%): 0-10 cm = 17; 10-20 cm = 29.

Os valores ligeiramente maiores do EstC verificado na FEM podem ser atribuídos aos teores de COT que também apresentaram uma tendência de maior valor nessa área. Associado a isso, na área de FEM verificou-se maior valor de D_s , sendo esse atributo o principal responsável pelos teores de EstC nessa área.

MENEZES (2008) estudando as mesmas áreas não verificou diferença nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. Segundo o autor, os valores estatisticamente iguais de EstC foram decorrentes dos valores de COT que, também, não se diferiram nas primeiras camadas.

Em relação ao estoque de nitrogênio (EstN) verificou-se o mesmo padrão que o EstC, constatando-se na profundidade de 0-10 cm, valores estatisticamente inferior na FEI ($1,18 \text{ Mg ha}^{-1}$) quando comparada com a FEM ($1,88 \text{ Mg ha}^{-1}$), e essas apresentando valores iguais a FEA (Figura 27). O maior armazenamento de carbono orgânico implica em maior disponibilidade de nitrogênio total, uma vez que mais de 95 % do nitrogênio total do solo está presente na forma orgânica (CAMARGO et al., 1999).

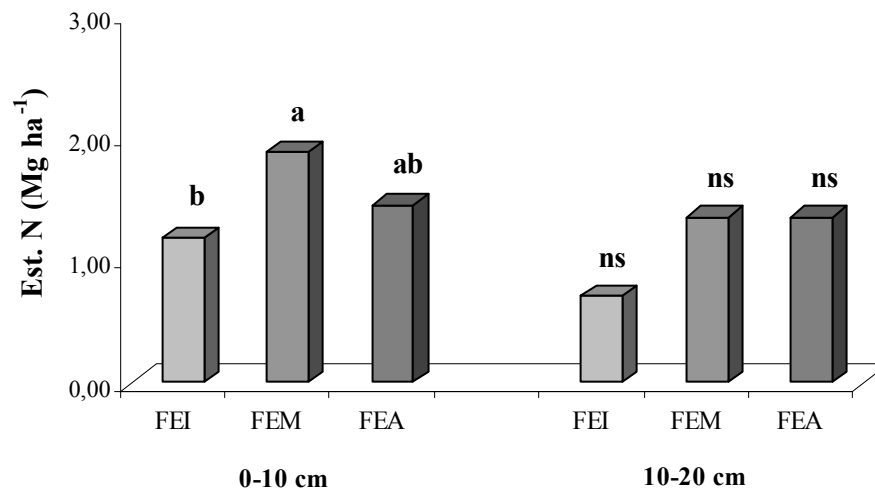


Figura 27. Estoque de nitrogênio (Mg ha^{-1}), nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Valores com letras diferentes entre áreas para cada profundidade diferem entre si ($P < 0,05$), pelo teste t de Boferroni; ns: não significativo. Coeficiente de variação (CV%): 0-10 cm = 18 ; 10-20 cm = 43.

Os valores de EstC e EstN para todas as áreas avaliadas diminuíram em profundidade, sendo esse padrão relacionado, provavelmente, ao acúmulo de serapilheira na camada superficial do solo. O acúmulo de material vegetal em superfície, da mesma forma que pode estar contribuindo para os valores de Ds e COT nas florestas avaliadas, pode consequentemente, influenciar nos valores de EstC e EstN, principalmente, na camada de 0-10 cm.

Os valores de EstC e EstN, de maneira geral, apresentaram maiores variações na camada de 0-10 cm, destacando-se os estádios mais avançados de sucessão, como a FEM e FEA que apresentaram os maiores valores.

Estudando estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em florestas e cultivos agrícolas, em Coimbra, MG, LEITE et al. (2003) verificaram que após 16 anos de cultivo, todas as estratégias de manejo nas áreas agrícolas resultaram na redução dos EstC do solo quando comparados com uma área de mata nativa. Os autores salientam a importância da manutenção da vegetação nativa, uma vez que as culturas avaliadas que, possivelmente, foram implantadas após a retirada da cobertura natural, ofereceram uma menor proteção à matéria orgânica e consequentemente favoreceram a maior oxidação do carbono orgânico, influenciando nos seus estoques no solo.

Segundo PAUL & CLARK (1989), o aumento do EstC em solos submetidos a sistemas conservacionistas de manejo pode estar associado a dois fatores principais: a proteção física dos compostos orgânicos contra a decomposição microbiana, favorecida pela oclusão do COT nos agregados do solo; e a proteção química dos compostos orgânicos por meio da interação desses com os minerais e cátions do solo, o que dificulta a sua decomposição.

Estudando carbono orgânico e nitrogênio total em sistemas de manejo na microbacia do rio Inhandava, Maximiliano de Almeida, RS, LEMAINSKI et al. (2010) concluíram que áreas onde ocorrem constantes retiradas da cobertura vegetal e exposição do solo, apresentaram um declínio no EstC e EstN, chegando a um patamar, respectivamente, de 36 e 33% menor que os estoques das florestas.

Na camada de 10-20 cm, não se verificou diferença entre as áreas, e os valores de EstC entre a FEI e FEA foi de 28 Mg ha⁻¹. Contudo, evidencia-se o potencial que as florestas, mesmo estando em processos iniciais de sucessão, possuem em estocar carbono no solo, contribuindo assim na mitigação dos problemas relacionados ao cenário das mudanças climáticas.

3.5. Fracionamento Químico da Matéria Orgânica do Solo

O fracionamento da matéria orgânica do solo (MOS) indicou que as frações húmicas (humina: C-HUM; ácido húmico: C-FAH e ácido fúlvico: C-FAF) corresponderam na camada de 0-10 cm a valores próximos a 50% do COT prontamente oxidável. Na camada de 10-20 cm os valores percentuais foram maiores que 50% do COT (Tabela 21). A partir dos resultados observados constata-se que a maior parte do COT analisado, na camada de 0-10 cm para a FEI e em todas as áreas na profundidade de 10-20 cm é constituída, de maneira geral, pelas frações húmicas.

Caracterizando a MOS em fragmentos de Mata Atlântica e plantios abandonados de eucalipto em Casemiro de Abreu e Rio das Ostras, RJ, MIRANDA et al. (2007) verificaram, para as áreas estudadas, que os valores das frações húmicas corresponderam a menos de 50% do C total prontamente oxidável. Nesse trabalho, os autores constataram que a maior parte da MOS correspondeu à matéria orgânica leve, e salientam que as fortes restrições à fertilidade do solo, principalmente nas áreas de mata, onde foram verificados valores de saturação por bases de 9%, pode ter influenciado nos baixos valores da matéria orgânica humificada.

Tabela 21. Valores* de carbono orgânico total (COT), carbono das substâncias húmicas (C-SH), carbono da fração humina (C-HUM), carbono da fração ácido húmico (C-FAH) e carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF) das áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.

Áreas de estudo	COT	C-SH	C-HUM	C-FAH	C-FAF
0- 10 cm					
FEI	28,53 b	16,80 ns	12,26 ns	1,79 b	2,75 ab
FEM	38,29 ab	18,46 ns	15,25 ns	1,39 b	1,82 b
FEA	40,59 a	18,73 ns	11,07 ns	3,83 a	3,83 a
CV%		21	33	27	49
10-20 cm					
FEI	19,65 ns	11,12 ns	6,04 ns	2,26 ns	2,82 ns
FEM	24,06 ns	13,11 ns	7,35 ns	2,92 ns	2,84 ns
FEA	21,70 ns	11,92 ns	8,55 ns	1,40 ns	1,97 ns
CV %		19	35	36	75

*Médias de cinco repetições. Valores seguidos de letras diferentes na coluna para cada profundidade diferem entre si (P<0,05), pelo teste t de Boferroni; ns: não significativo. Legenda: CV%: coeficiente de variação; FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Em trabalho desenvolvido nas mesmas áreas que este estudo, MENEZES (2008) verificou para as profundidades de 0-10 e 10-20 cm valores acima de 50% do COT

prontamente oxidável. Estudando a fertilidade e a dinâmica da matéria orgânica do solo como indicador da restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ, MORAES et al. (2008) também, verificaram valores acima de 50%.

Em relação à distribuição de cada fração húmica, nas áreas e profundidades, verificou-se que a maior parte do carbono humificado foi composta pela fração humina (C-HUM). O carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF) foi o segundo a contribuir com o carbono humificado, seguido pelo carbono da fração ácido húmico (C-FAH). Esse padrão de maiores valores do C-FAF em sistemas florestas, quando comparado com o C-FAH, também foi verificado por outros autores, como LEITE et al. (2003), MORAES et al. (2008), FONTANA et al. (2006) e MENEZES (2008).

Os valores da distribuição relativa do C-HUM em relação ao COT variaram de 27% a 43% na profundidade de 0-10 cm e de 30% a 39% na profundidade de 10-20 cm (Figura 28). Segundo CANELLAS et al. (2003) valores de C-HUM menores que 45% representam um baixo grau de humificação. Avaliando as frações húmicas em um solo de mata submetido a diferentes usos, BARRETO et al. (2008) também verificaram baixo grau de humificação, sendo os valores de 23% na mata nativa para as profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Desta forma, mesmo o carbono na forma de humina tendo representado maiores valores neste estudo, quando comparado com as outras frações húmicas, seu percentual evidencia baixa relação com o COT, uma vez que os valores foram inferiores a 45%.

Maiores valores da fração humina quando comparada às outras frações em ecossistemas de Mata Atlântica também foram verificados por MIRANDA et al. (2007), BARRETO et al. (2008) e FONTANA et al. (2010). Segundo os autores, a maior contribuição do carbono na forma de humina é atribuída ao fato dessa fração ser o produto final mais estável da humificação da matéria orgânica do solo, apresentando baixa reatividade e alta estabilidade, aumentando desta forma seus teores no solo.

O maior valor de carbono na forma de C-HUM pode influenciar na maior expressão de propriedades da fração coloidal da matéria orgânica, tais como: retenção de umidade, melhor agregação do solo e maior retenção de cátions (SOUZA & MELO, 2003). Quantificando o carbono das frações húmicas em diferentes sistemas de uso do solo em Seropédica, RJ, LOSS et al. (2010) verificaram correlações positivas entre os teores de carbono da fração humina e o valor S e valor T em todos os sistemas estudados, inclusive na agrofloresta. Segundo o autor a ausência da ação antrópica no sistema agroflorestal favoreceu a interação entre o C-HUM e os parâmetros de fertilidade avaliados. Como o verificado por LOSS et al. (2010), neste estudo observou-se correlação na FEI (0,87; $p < 0,05$) entre o C-HUM e a saturação por bases (V%). Também constatou-se correlação entre o C-HUM e o valor S na FEA, sendo a correlação altamente significativa (0,95; $p < 0,01$).

Os valores do C-HUM não diferiram entre as áreas, no entanto, observa-se na FEA uma tendência de menores valores dessa fração. Segundo BARRETO et al. (2008), avaliando as frações químicas em um solo de mata submetido a diferentes usos na Bahia, os valores supressivos nos teores do carbono da forma mais estável (humina) na camada de 0-10 cm foram atribuídos a fatores, tais como: revolvimento do solo, maior quantidade de resíduos mais facilmente decomponíveis e maior quantidade de raízes. Diante disso, os valores ligeiramente menores do C-HUM na FEA podem ser justificados, principalmente, pela maior velocidade de decomposição dos resíduos vegetais verificada nessa área, como observado no Capítulo I.

Em relação às frações mais solúveis, C-FAF e C-FAH, na FEA verificaram-se valores estatisticamente maiores, sendo essa variação observada somente para a camada de 0-10 cm. Os maiores valores dessas frações na área de FEA podem estar relacionado aos maiores valores de aporte de serapilheira nessa área. BARRETO et al. (2008) atribuíram os maiores teores de ácidos fúlvicos no solo sob pastagem devido ao maior aporte de carbono orgânico.

Os valores das frações C-FAF e C-FAH aumentaram em profundidade nas áreas de FEI e FEM, ao passo que na FEA os valores decresceram. Avaliando as frações químicas do COT em solos de mata submetidos a diferentes usos, BARRETO et al. (2008) verificaram mesmo padrão que o observado nas áreas de FEI e FEM com teores das frações fúlvicas e húmicas aumentando em profundidade. Contudo, MIRANDA et al. (2007) caracterizando a matéria orgânica do solo em fragmentos de mata atlântica e em plantios abandonados de eucalipto, verificaram diminuição dos valores dessas frações em profundidade.

O aumento dos teores das frações C-FAF e C-FAH em profundidade nas áreas de FEI e FEM pode ser atribuído a maior solubilidade dessas frações, que podem ser translocadas para maiores profundidades, serem polimerizadas ou mineralizadas, aumentando assim seus teores nas camadas subsuperficiais (MIRANDA et al., 2007).

Em relação à soma das três frações para cada área não foram verificadas diferenças entre os estádios sucessionais. No entanto, quando analisada a distribuição relativa das três frações em relação ao COT constata-se, através da Figura 28, que o processo de humificação nas áreas de FEI e FEM, principalmente, na profundidade de 0-10 cm foi ligeiramente maior que a área de FEA.

A diminuição nos valores do carbono das frações húmicas em função do avanço sucessional das áreas pode ser atribuída à maior velocidade de decomposição do material vegetal como verificado no Capítulo I, que foi maior na FEA devido a melhor qualidade do material vegetal, principalmente os elevados teores de nitrogênio. A serapilheira de melhor qualidade induziu a maior atividade e desenvolvimento da fauna edáfica Capítulo II, e conseqüentemente influenciaram a maior velocidade de decomposição nessa área.

A maior velocidade de decomposição pode estar influenciando na perda do carbono orgânico por mineralização, que por sua vez está diminuindo os valores de carbono na forma de frações húmicas na medida em que avança o estágio sucessional. A mais rápida decomposição além de estar afetando os teores de carbono das frações húmicas, possivelmente, fez com que os valores de fertilidade nessa área diminuíssem inclusive os valores das bases trocáveis como verificado para a fertilidade.

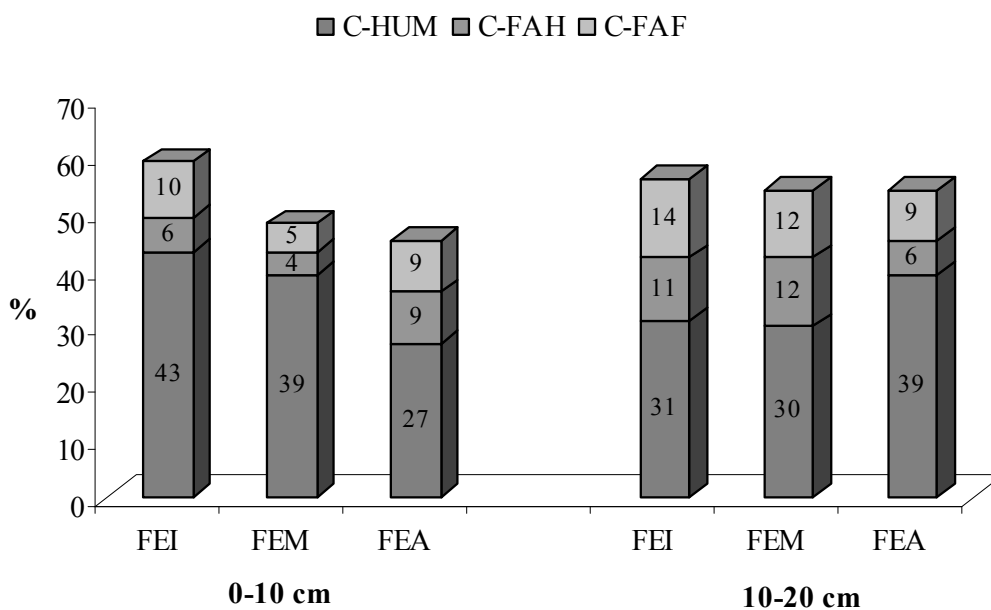


Figura 28. Distribuição relativa (%) das substâncias húmicas em relação ao carbono orgânico total (COT) nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Legenda: C-HUM: carbono da fração húmica; C-FAH: carbono da fração ácido húmico; C-FAF: carbono da fração ácido fúlvico.

Em função do exposto verificaram-se teores ligeiramente maiores do C-HUM e da distribuição relativa das frações húmicas em relação ao COT nos estádios inicial e médio. Esses teores, assim como os maiores valores de bases nas áreas iniciais podem ser entendidos como uma estratégia que essas áreas possuem para estarem promovendo melhorias nas propriedades químicas do solo, proporcionando desta forma condições para o estabelecimento de espécies vegetais e assim avançando o estágio sucessional.

3.6. Fracionamento Granulométrico da Matéria Orgânica do Solo

Os valores de carbono da matéria orgânica particulada (COp) e associado às partículas minerais finas (silte e argila) (COam) são apresentados na Tabela 22.

Tabela 22. Valores* de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COp) e carbono orgânico associado aos minerais (COam) das áreas de floresta secundária nos diferentes estádios sucessionais, Pinheiral, RJ.

Áreas de estudo	COT	COp	COam	Cop/COT *100	COam/COT *100
	-----g kg ⁻¹ -----			-----%-----	
0-10 cm					
FEI	28,53 b	6,07 ns	22,45 b	21,27	78,69
FEM	38,29 ab	6,48 ns	31,81 a	16,92	83,08
FEA	40,59 a	5,04 ns	35,55 a	12,42	87,58
CV%		39	15		
10-20 cm					
FEI	19,65 ns	2,47 ns	17,18 ns	12,57	87,43
FEM	24,06 ns	3,68 ns	20,37 ns	15,29	84,66
FEA	21,70 ns	2,73 ns	18,96 ns	12,58	87,37
CV%		27	29		

*Médias de cinco repetições. Valores seguidos de letras diferentes na coluna para cada profundidade diferem entre si (P<0,05), pelo teste t de Boferroni; ns: não significativo. Legenda: CV%: coeficiente de variação; FEI - Floresta estágio inicial; FEM - Floresta estágio médio; FEA - Floresta estágio avançado.

Os teores de COp e Coam corresponderam à 12 e 21% para COp e 78 a 87% para Coam, em relação ao COT. Esses resultados são semelhantes àqueles encontrados por CONCEIÇÃO et al. (2005) e MENEZES (2008), em estudos sobre as frações orgânicas do solo sob diferentes coberturas vegetais de Mata Atlântica.

Com relação ao Coam, verificou-se para camada de 0-10 cm, mesmo padrão que o COT, sendo os maiores valores iguais entre as áreas de FEA (35,55 g kg⁻¹) e FEM (31,81 g kg⁻¹) e menores para FEI (22,45 g kg⁻¹). Os valores significativos de correlação entre o COT e COam foram de 0,87 na FEI, 0,95 na FEM e 0,99 na FEA.

Através da análise do carbono associado às partículas de silte e argila (COam), verifica-se que o carbono dessas frações esteve associado ao processo de sucessão das áreas. Esse fato pode ser atribuído à maior adição de serapilheira como observado no Capítulo I, associado a maior velocidade de decomposição, sendo que essas variáveis responderam ao avanço sucessional das áreas.

Diferindo dos resultados observados para COT e COam não foi verificada diferença entre os teores de COp para as profundidades avaliadas. Entretanto, houve uma tendência de menores valores na FEA, na camada de 0-10 cm, o que pode estar relacionado com a maior velocidade de decomposição do material vegetal, com rápida mineralização e consequentemente, menores teores de COp. Estudando essas mesmas áreas de floresta secundária em diferentes estádios de regeneração MENEZES (2008) verificou para a mesma camada estudada, diferença entre as áreas, sendo os maiores valores desse atributo na floresta em estágio médio de regeneração ($5,81 \text{ g kg}^{-1}$) seguida por floresta em estágio inicial ($4,36 \text{ g kg}^{-1}$) e floresta em estágio avançado ($3,73 \text{ g kg}^{-1}$).

Das frações granulométricas da matéria orgânica a fração COam foi a mais sensível na detecção do avanço sucessional das áreas. Esse fato demonstra que em ambientes naturais, sem interferência antrópica, os teores de COam respondem gradativamente à idade (sucessão florestal) das áreas estudadas.

3.7. Análise de Componentes Principais

As maiores variações em relação aos atributos do solo foram verificadas na camada superficial do solo (0-10 cm). Desta forma, com o objetivo de integrar as informações em relação aos valores desses atributos nas áreas em que foram mais expressivos foi realizada uma análise multivariada (Figura 29). Através da análise dos componentes principais, verifica-se que as áreas foram divididas em três quadrantes, e as variações das áreas explicaram 48%.

Na Figura 29 observa-se que dos 19 atributos avaliados, 10 foram correlacionados com as áreas de FEM e FEA, sendo metade desse valor associado para cada área. Os outros nove atributos foram direcionados (setas) para o primeiro quadrante, sendo esses localizados entre os quadrantes dos estádios médio (FEM) e avançado (FEA), e oposto ao quadrante da FEI.

Na área FEA verificaram-se relações com os atributos Al, H+Al, FAF, FAH e H. Já, na FEM as relações foram verificadas com a HUM, COp, Mg, pH e Ds.

Em função do exposto, observa-se a similaridade entre os atributos das áreas de FEM e FEA, demonstrando que os atributos químicos e físicos avaliados, estão, de maneira geral, associados com a evolução sucessional das florestas, sendo menos correlacionados com a FEI, e intermediários entre as florestas de FEM e FEA.

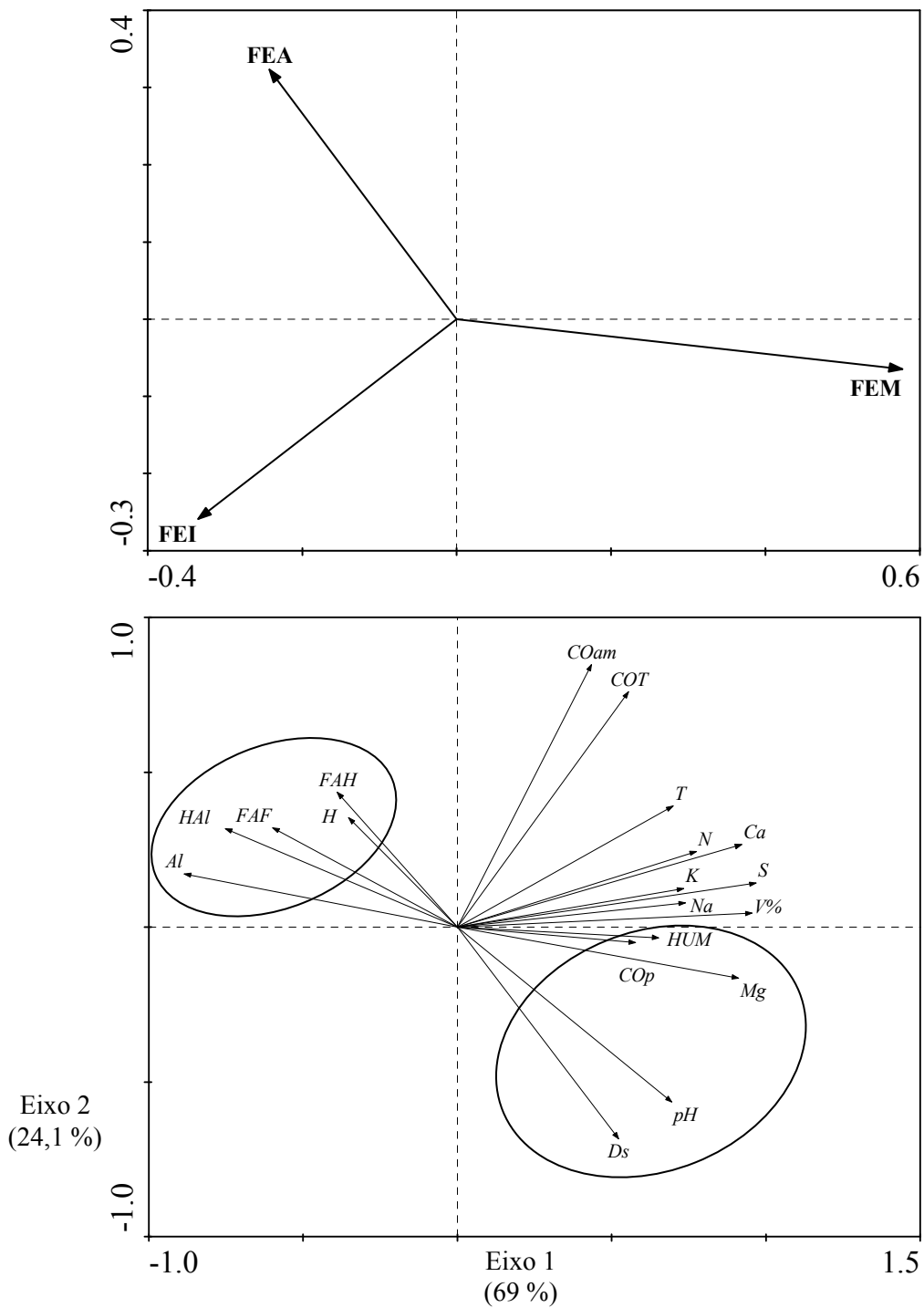


Figura 29. Diagrama de ordenação resultante da análise de componentes principais (ACP) dos atributos químicos e físicos avaliados, nas áreas de Floresta estágio inicial (FEI), Floresta estágio médio (FEM) e Floresta estágio avançado (FEA), Pinheiral, RJ. Legenda: FAF: carbono da fração ácido fúlvico; FAH: carbono da fração ácido húmico; HUM: carbono da fração húmica.

4. CONCLUSÕES

A avaliação dos atributos químicos evidenciou variações nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, verificando-se maiores teores de bases na FEM.

Os atributos relacionados à matéria orgânica do solo apresentaram respostas significativas em relação ao avanço sucessional das áreas nos primeiros 10 cm do solo, com destaque para: COT, COam, C-FAF e C-FAH, sendo observados em maiores valores na FEA.

Diante do exposto, os atributos da matéria orgânica do solo podem ser considerados bons indicadores para evidenciar melhorias nas propriedades edáficas em função do avanço sucessional da floresta.

5. CONCLUSÕES GERAIS

A partir da proposta deste estudo, de eleger possíveis indicadores que possam ser utilizados como parâmetros ecológicos para diagnosticar a qualidade do ambiente, pôde ser constatado que os atributos relacionados a ciclagem de nutrientes mostraram-se sensíveis em identificar diferenças na qualidade das áreas avaliadas em função do avanço do estágio sucessional.

Dentre os atributos avaliados destacaram-se: o aporte e estoque de serapilheira; a atividade média e riqueza média dos grupos taxonômicos e, a atividade dos grupos Acari, Araneae, Diptera, Formicidae, Hymenoptera e Isopoda, e os atributos da matéria orgânica do solo COT, COam, C-FAF e C-FAH.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros ecológicos avaliados neste estudo podem ser considerados bons indicadores da qualidade do ambiente, pois responderam ao estado de equilíbrio e o bom funcionamento do ecossistema à medida que se avançou o estágio sucessional da floresta.

Cabe ressaltar, que os resultados deste estudo permitem supor que as áreas em diferentes estádios sucessionais, mesmo estando em processos de sucessão natural, têm proporcionado uma melhoria nas propriedades edáficas e assim possuem um potencial em alcançar estádios sucessionais mais avançados.

Para complementar os trabalhos que estão sendo desenvolvidos na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, os quais objetivam entender a dinâmica dos fragmentos nessa região, é necessário que sejam realizados estudos para avaliar se as propriedades edáficas estão garantindo o desenvolvimento de plântulas das espécies que ali se encontram, como também de espécies oriundas de remanescentes vizinhos. Para tanto, é de suma importância à avaliação de parâmetros relacionados à vegetação, como chuva de sementes, banco de sementes e a regeneração natural.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, D. W. **Decomposition of organic matter and carbon emissions from soils.** In: LAL, R. KIMBLE, J. LEVINE, E.; STWART, B. A. (Ed.) Soil and global change. Boca Raton CRC Press, 165-175 p., 1995.

BARRETO, A.C.; FREIRE, M.B.G.S.; NACIF, P.G.; ARAÚJO, Q.R.; FREIRE, F.J.; INÁCIO, E.S.B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1471-1478, 2008.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p.677-683, jul. 2004.

BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo.** (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 16), Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 7p.,2003.

BERTOL, I., ALMEIDA, J.A. de, ALMEIDA, E.X. de; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de Capim-elefante-anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1047-1054, 2000.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:605-614, 2006.

BROMICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, 124:3-22, 2005.

CAMARGO, F.A.C.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. & VIDOR, C. **Nitrogênio orgânico do solo.** In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre, Genesis, p.117-137, 1999.

CAMBARDELLA, C. A. & ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 777 783, 1992.

CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X.; MARCIANO, C.R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; REZENDE, C.E. & SANTOS, G.A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:935-944, 2003.

CENTURION, J.F.; CARDOSO, J.P. & NATALE, W. Physical and chemical properties of an oxisol in different agroecosystems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 416-424, 2001.

COLLINS, H.P.; PAUL, E.A.; PAUSTIAN, K. & ELLIOTT, E.T. **Characterization of soil organic carbon relative to its stability and turnover.** In: Soil organic matter in temperate agroecosystems - long-term experiments in North America. Boca Raton, CRC Press, p.51-72, 1997.

CONCEICAO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & SPAGNOLLO, E. Soil organic matter and other attributes as indicators to evaluate soil quality in conservation systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 777-788. 2005.

CHRISTENSEN, B.T.; Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. **European Journal of Soil Science**, vol 52, p. 345–353, Set, 2001.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed.). Methods of soil analysis. Madison: **American Society of Agronomy**, v. 1, p. 545-556, 1965.

DIAS, D.G.; PEGORARO, R. F.; MOREIRA, C.G., PEREIRA C., ANTUNES, R.; C.C., KONDO, M.K. **Estoque de carbono e nitrogênio em resíduos vegetais de distintos sistemas de uso do solo**, III Fórum Unimontes, 2009.

EMBRAPA/CNPS. **Manual de métodos de análise de solos**, Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FERREIRA, D. F. **Sistema de Análises Estatísticas SISVAR 4. 6**. Lavras: UFLA, 2003.

FERNANDES, M.M. **Influência da cobertura vegetal na ciclagem de nutrientes e nos atributos do solo, em áreas da Floresta Nacional Mário Xavier, Seropédica, RJ**. 2005, 85p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2005.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; CUNHA, T.J.F. & SALTON, J.C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.847-853, 2006.

FONTANA, A.; BRITO, R.J.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BENITES, V.M. Caracterização de substâncias húmicas da cama superficial do solo sob diferentes coberturas vegetais. **Magistra**, Cruz das Almas-Bahia, v.22, n.1, p.49-56, 2010.

FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.425-434, 2002.

GIÁCOMO, R. G.; Pereira, M.;G.; BALIEIRO, F.; C. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações húmicas no solo sob diferentes Coberturas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.1, p.42-48, jan.-mar., 2008.

GOLCHIN, A. et al. Soil structure and carbon cycling. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v.32, p.1043- 1068, 1994.

GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG. R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 148, p. 185-206, 2001.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 821-832, 2003.

LEMANSKI, C. L., AMADO, T. J. C., SPAGNOLLO, E., PEDROSO, M. T., DELLAMEA, R. B. C., ALMEIDA, J. A. A. **Carbono orgânico e nitrogênio total em sistemas de manejo na microbacia do rio Inhandava Maximiliano de Almeida, RS**, 2010. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/XIV_Reuni%e3o_Brasileira_Cuiab%e1/39.pdf>. Acesso em: 06 de Fevereiro de 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZM, N.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.4, p.913-922, 2010.

MACHADO, R.L. **Perda de Solo e Nutrientes em Voçorocas com Diferentes Níveis de Controle e Recuperação no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, RJ**. 2007. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2007.

MENDONZA, H. N. S.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. A.; ANTUNES, M. V. A. M. Propriedades químicas e biológicas de solos de Tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 201-207, 2000.

MENEZES, C.E.G. **Integridade da paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheira-RJ**. 175p. 2008. Tese (Doutorado) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2008.

MIRANDA, C. C.; CANELLAS, L. P. NASCIMENTO, M. T. Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de mata atlântica e em plantios abandonados de eucalipto. **Revista Brasileiro de Ciência do Solo**, v.31:905-916, 2007.

MORAES, L.F.D.; CAMPELLO, E.F.C.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A. Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 193-206, abr.jun., 2008.

PAUL, E.A. & CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego, Academic Press, 1989. 272p.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de LATOSSOLO submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v.31, p.1609 – 1623, 2007.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301p.

ROSCOE, R. & MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86p.

SANTOS, A.C.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; BERNINI, T.A.; COOPER, M.; NUMMER, A.R.; FRANCELINO, M.R. Gênese e Classificação de solos numa topossequência no ambiente de Mar de Morros do Médio Vale do Paraíba do Sul, RJ. **Revista Brasileiro de Ciência do Solo**, 34:1297-1314, 2010.

SZAKÁCS, G.G.J. **Sequestro de carbono nos solos – Avaliação das potencialidades dos solos arenosos sob pastagens, Anhembi – Piracicaba/SP**. 102p. 2003. Dissertação (Mestrado), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP, 2003.

SOUZA, W. J. O. & MELO, W. J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1113-1122, 2003.

STEVENSON, F.J. **Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions** Wiley-Interscience, New York, 1994. 496p.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** (Boletim técnico de solos, 5). Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p.

THENG, B.K.G.; TATE, K.R. & SOLLINS, P. **Constituents of organic matter in temperate and tropical soils.** In: DYNAMICS of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu: University of Hawaii, Cap.1, p.5-32, 1989.

TOLEDO, L. de O. **Aporte de serapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no município de Pinheiral, RJ.** 80p. 2003. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas, Seropédica, RJ. 2003.

VEZZANI, F. M.; CONCEIÇÃO, P. C.; MELLO, N. A.; DIECKOW, J. **Matéria orgânica e qualidade do solo.** In: SANTOS, G. A. et al. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2ª edição, Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, p. 483-494, 2008.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Soil Science and plant analysis**, 19:1467-1476, 1988.

WIGLEY, T. M. L. & SCHIMMEL, D. S. **The carbon cycle.** Cambridge: Global Change Institute: Cambridge University Press, 2000. 292p.