

**APORTE E DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA E PRODUÇÃO DE BIOMASSA  
RADICULAR EM FLORESTAS COM DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS EM  
PINHEIRAL, RJ<sup>1</sup>**

LITTER CONTRIBUTION AND DECOMPOSITION AND ROOT BIOMASS PRODUCTION IN  
FORESTS AT DIFFERENT SUCCESSIONAL STAGES IN PINHEIRAL, RJ

Carlos Eduardo Gabriel Menezes<sup>2</sup> Marcos Gervasio Pereira<sup>3</sup> Maria Elizabeth Fernandes Correia<sup>4</sup>  
Lúcia Helena Cunha dos Anjos<sup>3</sup> Ranieri Ribeiro Paula<sup>5</sup> Manuel Euzébio de Souza<sup>6</sup>

**RESUMO**

Este estudo objetivou avaliar a deposição e decomposição da serapilheira e a produção de biomassa radicular de três fragmentos florestais em diferentes estágios sucessionais (avançado, médio e inicial) localizados no município de Pinheiral, RJ. Para interceptação da serapilheira instalaram-se em cada fragmento, dez coletores cônicos. Avaliou-se a biomassa radicular em dois períodos (chuvoso e seco), amostrando-se pelo método do monólito, em 0-10, 10-20 e 20-30 cm e dez repetições por profundidade. Não ocorreram diferenças na deposição de serapilheira entre as áreas, mas apenas uma tendência de aumento com a evolução sucessional. Não foram verificadas variações temporais de serapilheira entre as áreas mais jovens, inicial e médio no decorrer do ano, com tendência de aumento nos meses de julho e agosto. Em estágio avançado, o aporte da serapilheira pôde ser agrupado em dois períodos: “fevereiro a julho”, menores valores e “agosto a janeiro”, maiores valores. A deposição das frações folhas e material reprodutivo diminuíram, enquanto ramos e outros aumentaram com o avançar sucessional. A decomposição da serapilheira mostrou em estágio sucessional médio a menor constante  $k$  ( $0,0038 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ) e maior tempo de meia vida (182 dias), seguida por inicial ( $0,044 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  e 154 dias) e avançado ( $0,0064 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  e 108 dias). A biomassa radicular nas diferentes áreas e profundidades, no período seco e chuvoso, apresentou maiores valores em estágio avançado, intermediários em médio e menores em inicial. As diferenças sazonais da biomassa radicular ocorreram sobretudo em estágio médio, com maiores valores na coleta de junho.

**Palavras-chave:** serapilheira; ciclagem de nutrientes; raízes.

**ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate litter input and decomposition and root biomass of three forest fragments at different successional stages (advanced, medium and initial) in Pinheiral Municipality, in the state of RJ, Brazil. To evaluate litter input, 10 conic collectors were installed in each fragment. The root biomass was quantified by monolith method in two periods (wet and dry) at depths of 0-10, 10-20 and 20-30 cm, and 10 samples were collected in each area. To evaluate the decomposition rate in each area, 12

1. Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Projeto apoiado pela Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro
2. Licenciado em Ciências Agrícolas, Dr., Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Nilo Peçanha, Rua José Breves, 550, CEP 27197-000, Pinheiral (RJ). ceduardogm@uol.com.br
3. Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Associado III do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR465 km 7, CEP 23890-000, Seropédica (RJ). gevasio@ufrj.br e lanjoso@ufrj.br
4. Bióloga, Dr<sup>a</sup>, Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, BR465 km 7, CEP 23890-000, Seropédica (RJ). ecorreia@cpnpab.embrapa.br
5. Engenheiro Florestal, Mestrando do Curso de Ciências Florestais da Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs, s/n, Campus Universitário, CEP 36570-000, Viçosa (MG). ranieri.paula@ufv.br
6. Licenciado em Ciências Agrícolas, Mestre em Agronomia/Horticultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Departamento de Produção Vegetal, Horticultura, Fazenda Experimental Lageado, Caixa Postal 237, CEP 18603-970, Botucatu (SP). manoelrural@yahoo.com.br

Recebido para publicação em 12/03/2009 e aceito em 19/03/2010.

litter bags were distributed. No significant differences were observed for litter input between the areas, but there was a tendency to increase litter input with successional evolution. No significant differences were observed for seasonal litter input between areas during the year, but there was a small increase in the months of July and August. At the advanced stage, litter input could be grouped into two periods: February to July, with lower values; and August to January, with higher values. The leaf fractions and reproductive material input were reduced, while branch and other fractions increased with succession. For litter decomposition, the intermediate stage showed the lowest decomposition constant ( $k$ ) ( $0.0038 \text{ g g}^{-1}\text{day}^{-1}$ ) and the highest half life time (182 days), followed by the initial ( $0.0044 \text{ g g}^{-1}\text{day}^{-1}$  and 154 days) and advanced ( $0.0064 \text{ g g}^{-1}\text{day}^{-1}$  and 108 days) stages. The root biomass in different areas and depths for both two periods studied showed higher values in the advanced stage, followed by the intermediate stage and the lowest values were found in the initial stage. The seasonal root biomass difference occurred mainly in the intermediate stage, with higher values in June.

**Keywords:** litter; nutrient cycling; root.

## INTRODUÇÃO

A serapilheira florestal é constituída por materiais vegetais depositados na superfície do solo, tais como folhas, cascas, ramos, material reprodutivo, flores, inflorescências, frutos, sementes e fragmentos vegetais não identificáveis (CIANCIARUSO et al., 2006). A serapilheira pode ser definida como todo tipo de material biogênico em vários estádios de decomposição, material esse que representa uma fonte potencial de energia para as espécies consumidoras (BRUN et al., 2001).

Em ecossistemas florestais, a produção e decomposição da serapilheira constituem o principal meio de aporte de matéria orgânica e transferência de nutrientes, considerados assim processos fundamentais do ciclo biogeoquímico nesses sistemas (KONIG et al., 2002; ARATO et al., 2003; SCHUMACHER et al., 2004; BARLOW et al., 2007; PANDEY et al., 2007).

São muitos os fatores bióticos e abióticos que influenciam a deposição e transformação da serapilheira. Destacam-se entre esses: tipo de vegetação, seu estágio sucessional, característica de deciduidade e herbivoria a que está submetida, latitude, altitude, relevo, temperatura, precipitação, disponibilidade de luz, fotoperíodo, evapotranspiração, disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, entre outros (BRUN et al., 2001; VITAL et al., 2004; CASTANHO, 2005; FERNANDES et al., 2006).

O conhecimento dos processos relacionados à deposição e transformação da serapilheira tem sido considerado um valioso instrumento para estudos de diagnóstico ambiental e da intensidade dos impactos naturais ou antrópicos, permitindo a comparação entre diferentes sistemas por meio de

parâmetros quantitativos de seu funcionamento (CIANCIARUSO et al., 2006).

A biomassa subterrânea de uma vegetação compreende todos os órgãos vivos localizados abaixo da linha do solo, tendo como função fixar a vegetação, captar e transferir recursos como água e nutrientes, além de estocar reservas (ADUAN et al., 2003).

Nos ecossistemas florestais naturais ou implantados, o retorno da matéria orgânica ao solo e a ciclagem de nutrientes se dão, especialmente, pela deposição da biomassa da parte aérea, no entanto, são também importantes as contribuições da biomassa radicular na dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes nesses sistemas.

O desenvolvimento, distribuição e consequente produção de biomassa vegetal subterrânea do solo são resultantes da interação do genótipo da espécie com uma série de processos complexos e dinâmicos que incluem o ambiente como um todo, o solo e a planta. Entre os fatores inerentes ao solo, pode-se destacar a fertilidade, textura, densidade do solo, disponibilidade de oxigênio e água, temperatura dentre outros (CAIRNS et al., 1997; GONÇALVES e MELLO, 2000; WITSCHORECK et al., 2003; HAO et al., 2006). Em ecossistemas florestais essa biomassa subterrânea, pode variar também com a idade e o estágio sucessional da vegetação ou com o grupo funcional a que pertencem as espécies que o compõe (CAIRNS et al., 1997).

A distribuição e a densidade de raízes dependem do tipo do sistema radicular, variando no decorrer do ano, com sua propagação ocorrendo sobretudo no período chuvoso, e sua morte e diminuição ao final do período de crescimento (LARCHER, 2000).

O estudo da distribuição e biomassa radicular oferece uma boa contribuição para o entendimento do papel do sistema radicular, de sua estrutura e funções no nível de ecossistemas (HAO et al., 2006). O entendimento das relações entre recursos disponíveis no solo e a dinâmica das raízes finas é essencial para compreensão de questões fundamentais da ecologia terrestre (WEST et al., 2004). Esses autores destacam que a importância das raízes finas vai além de suas funções primárias de absorção de água e nutrientes, pois sua rápida renovação contribui de forma marcante nas adições de matéria orgânica ao solo, tendo importante função reguladora dos ciclos de carbono e nitrogênio. O crescimento de raízes finas pode representar até 50% da produtividade primária líquida, sendo uma das principais vias pela qual o carbono é adicionado ao solo (VOGT, 1991) o que as tornam de particular importância no ciclo global do carbono (JANSSENS et al., 2002).

Este estudo teve como objetivos avaliar os aportes – por meio de medidas do depósito de serapilheira e produção de biomassa das raízes finas – e transformações da matéria orgânica, de áreas sob fragmentos florestais em diferentes estágios sucessionais, sistemas esses representativos da paisagem na região do Médio Vale do Paraíba do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição do local de estudo

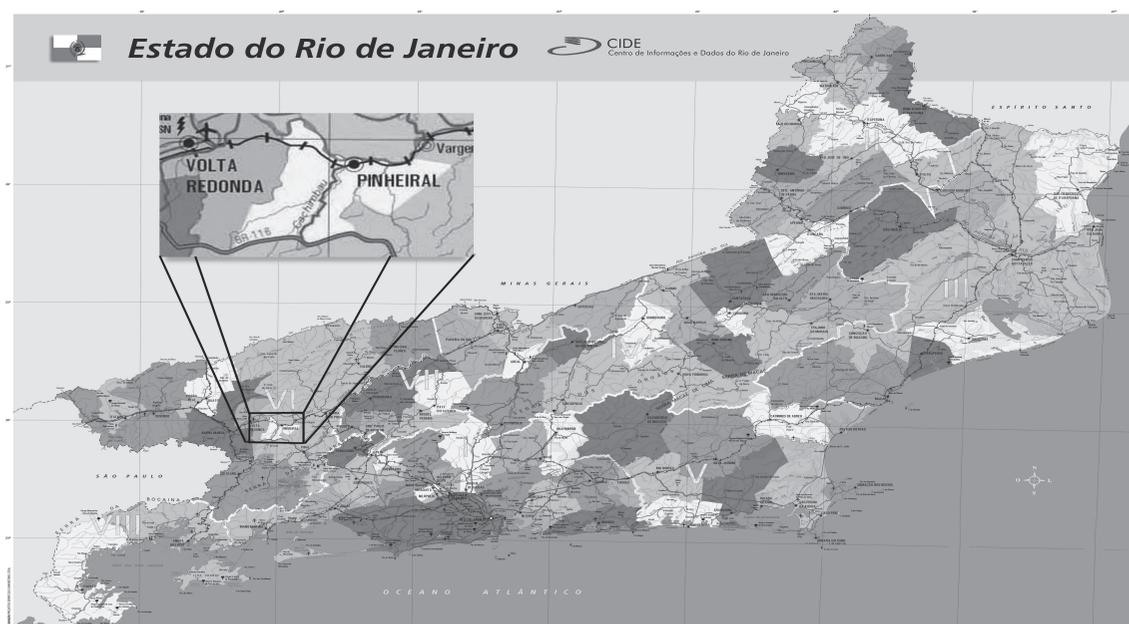
O estudo foi realizado no município de Pinheiral, RJ, na região do Médio Paraíba Fluminense, na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, que compõe a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, situado em sua margem direita, localizada entre as latitudes 22°29'03" e 22°35'27" S e entre as longitudes 43°54'49" W e 44°04'05" W, conforme ilustra a Figura 1.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen (1938), 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).

Os solos predominantes nas áreas de encostas da região são: Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háplico e Latossolo Vermelho-Amarelo (MENEZES, 1999).

### Caracterização das áreas de estudo

As áreas de estudo foram definidas com base na interpretação de fotos aéreas e informações históricas de uso das terras obtidas com antigos moradores do município de Pinheiral, RJ, que



Fonte: CIDE (Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro, 2008).

FIGURA 1: Localização da área de estudo no estado do Rio de Janeiro.

FIGURE 1: Study area location in the state of Rio de Janeiro.

atuaram na sub-bacia em estudo entre as décadas de 1950 e 2000.

De posse dessas informações, tiveram início os trabalhos de campo que definiram as áreas que, semelhantemente posicionadas nas encostas, apresentaram solos com a mesma classificação no nível de ordem (Cambissolos) e tiveram sua cobertura vegetal enquadrada nos diferentes estágios sucessionais da Mata Atlântica (CONAMA 006/94).

A área sob floresta secundária em estágio inicial (FSEI) apresenta fisionomia herbácea/arbustiva com predomínio de espécies heliófilas, poucas espécies lenhosas (menos que vinte por ha) com reduzidos diâmetros à altura do peito – DAP (média menor que 5 cm) e altura (média menor que 5 m). Estágio médio (FSEM) apresenta fisionomia arbustivo/arbórea, com o início da estratificação, surgimento de espécies de sombra, indivíduos com DAPs e alturas superiores aos da área anterior e aparecimento de sub-bosque e lianas lenhosas. Estágio avançado (FSEA) fragmento considerado dos mais antigos da sub-bacia do Ribeirão Cachimbal, apresenta fisionomia arbórea, com árvores emergentes, sub-bosque já diferenciado formado por espécies esciófilas, grande variedade de espécies lenhosas com DAP e altura mais elevada, e presença de lianas e epífitas em abundância.

### Aporte de serapilheira

Para interceptação da serapilheira foi utilizado o método descrito por Toledo (2003). Dentro dos limites de uma parcela única demarcada em cada área de estudo foram instalados dez coletores cônicos com área de 0,21 m<sup>2</sup> (perímetro igual a 1,62 m) construídos com tubo de 3/4", em material plástico de polietileno, com fundo de tela de 1 mm. Os coletores foram instalados em 1º de abril de 2006, e as coletas foram realizadas mensalmente até o que fosse transcorrido um ano, quando foi feita a última coleta (1º de maio de 2007). Após cada coleta, a serapilheira foi submetida à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante, e feita a triagem das frações folhas, ramos, material reprodutivo (flores e frutos) e outros. Após a secagem, o material foi pesado em balança de precisão para a avaliação da contribuição de cada uma das frações e da serapilheira total.

A quantidade da serapilheira produzida foi estimada com a seguinte expressão, proposta por Lopes et al. (2002):

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

Em que: PS = Produção de serapilheira (kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>); PM = Produção mensal de serapilheira (kg ha<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>); Ac = Área do coletor (m<sup>2</sup>).

### Taxa de decomposição da serapilheira

Para a avaliação da taxa de decomposição da serapilheira, foram utilizadas amostras de material foliar, que predominou na composição da serapilheira, depositado nos coletores cônicos acima descritos. Desse material, após a secagem ao ar, foram retirados 10 gramas que foram acondicionados em sacos de polivinil ("litter bags") (ANDERSON e INGRAM, 1989) com malha de 4 mm, área de 25 x 25 cm e 1,5 cm de altura.

Em cada área distribuíram-se 12 "litter bags", que foram instalados em 1º de outubro de 2006, início do período quente e chuvoso na região, e as coletas realizadas em intervalos regulares de 30, 60, 90 e 120 dias. A quantificação da taxa de decomposição foi feita por meio de medidas de perda de massa, calculando-se a diferença entre as quantidades iniciais do material original contido no "litter bag" (tempo zero) 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 e Asakawa (1993), mediante o seguinte modelo exponencial:

$$X_t = X_0 \cdot e^{-kt}$$

Em que: X<sub>t</sub> é o peso do material remanescente após t dias e X<sub>0</sub> o peso do material seco originalmente colocado nos sacos no tempo zero (t = 0). O coeficiente desse modelo exponencial, bem como as curvas que caracterizam a perda de peso (decomposição) de cada resíduo foram produzidas com o auxílio do programa SIGMAPLOT 8.0. O tempo de meia-vida (t<sup>1/2</sup>) desse resíduo foi calculado 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.

### Biomassa de raízes finas

Para avaliação da biomassa de raízes finas (< que 2 mm) foram realizadas coletas em dois períodos do ano: chuvoso (dezembro de 2006) e seco (junho de 2007). Utilizou-se para amostragem uma adaptação do método do monólito (BRASIL, 2005). Em cada uma das áreas de estudo foram escavadas manualmente cinco trincheiras, com

dimensão inicial de 1,0 m de profundidade e 0,80 m de largura. Em duas paredes de cada trincheira, devidamente aplainada, foram coletadas amostras nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, constituindo assim dez repetições por profundidade por área.

Após a coleta, o solo contido no monólito foi submetido a uma lavagem manual para separar as raízes, em uma adaptação da técnica de decantação/flotação proposta por Schuurman e Goedewaagen (1971) apresentada por Brasil (2005).

As raízes finas lavadas e recuperadas nesse processo foram secas em estufa de circulação de ar a 70°C, até peso constante e, posteriormente, pesadas em balança analítica com 0,01 g de precisão. Os dados de biomassa radicular, inicialmente obtidos em gramas de raízes contidas em um decímetro cúbico de solo ( $\text{g dm}^{-3}$ ), foram convertidos em megagramas por hectare ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) por meio das correspondências de massa e volume entre essas unidades.

### Análises estatísticas

O conjunto de dados obtidos da análise de cada um dos parâmetros foi inicialmente testado quanto à normalidade da distribuição dos erros (teste de Lillifors / SAEG 5.0) e homogeneidade de suas variâncias (testes de Cochran e Bartlett / SAEG 5.0), verificando assim o atendimento dos requisitos para o emprego da análise de variância (ANOVA) e estatística paramétrica.

Os resultados dos parâmetros de aporte da serapilheira e biomassa radicular que não atenderam, inicialmente, aos requisitos de normalidade e homogeneidade das variâncias, foram submetidos à transformação logarítmica, passando assim a atender a tais requisitos.

Como as investigações propostas no presente estudo não se enquadram num modelo de delineamento experimental clássico, utilizou-se para comparação dos valores médios de cada parâmetro entre os períodos e áreas de estudo, o teste T de Bonferroni a 5% de probabilidade com a utilização do programa estatístico Sisvar 4.6 (FERREIRA, 2004).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Aporte de serapilheira

Na comparação entre os valores totais

do aporte de serapilheira entre as áreas de estudo não foram observadas diferenças significativas (Tabela 1). Os valores quantificados para o aporte de serapilheira em função da evolução do estágio sucessional foram: 6,6  $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  para Floresta Estágio Inicial (FSEI), 7,4  $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  para Floresta Estágio Médio (FSEM) e 11  $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  para Floresta Estágio Avançado (FSEA). Uma possível explicação para a ausência de diferença estatística para o aporte de serapilheira entre as áreas de estudo pode ser decorrente da elevada variabilidade dos dados, o que pode ser constatado pelo coeficiente de variação (Tabela 1).

Comportamento semelhante foi encontrado por Werneck et al. (2001) em trechos de floresta estacional semidecidual estruturalmente distintos e com níveis de perturbação diferenciados em Ouro Preto, MG, com maior produção anual de serapilheira no trecho mais preservado da floresta ( $6,78 \pm 0,65 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), seguida do trecho com perturbação intermediária ( $6,58 \pm 0,49 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) e, por último, no trecho sucessionalmente mais jovem, com a menor produção ( $5,09 \pm 0,58 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ).

Em estudo de fases sucessionais distintas de uma Floresta Estacional Semidecidual, no oeste do Paraná, Pezzatto e Wisniewski (2006) verificaram que as espécies dessa fitofisionomia, em função de seu maior poder de competição e da altitude, ocorriam na área de Floresta Ombrófila Mista. Nas áreas, as formações vegetais foram classificadas como capoeirinha, capoeira, capoeirão e floresta secundária, sendo quantificados valores de serapilheira depositada próximos aos observados neste estudo. Os autores também verificaram aumento na deposição de serapilheira em função do avanço dos estágios de sucessão vegetal que variou de capoeirinha até a floresta secundária (9,59; 10,07; 10,37 e 11,7  $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ). Esse padrão também foi verificado por Barbosa e Faria (2006), que estudaram a deposição de serapilheira em uma floresta de baixada (formações de porte médio adaptadas às áreas alagadiças) na Reserva Biológica de Poço das Antas (REBIO) em Silva Jardim, RJ. Os autores observaram maior produção de serapilheira no estágio sucessional avançado (40 anos de formação e  $6,9 \pm 1,1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), comparado ao intermediário (20 anos, e  $5,5 \pm 0,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ).

Na sub-bacia do ribeirão Cachimbal em Pinheiral, RJ, em áreas próximas às do presente trabalho, Toledo e Pereira (2004) encontraram

TABELA 1: Valores médios mensais<sup>1</sup> e coeficiente de variação do aporte total de serapilheira nas diferentes áreas de estudo, Pinheiral, RJ.TABLE 1: Monthly average values<sup>1</sup> and coefficient of variation of total litter devolution in the different study areas, Pinheiral, RJ.

Meses	Áreas de estudo		
	FSEI	FSEM Mg ha <sup>-1</sup>	FSEA
Maio	0,679 aA	0,517 aBC	0,377 aCD
Junho	0,643 aA	0,591 aBC	0,349 aCD
Julho	0,804 aA	0,664 aABC	0,675 aBCD
Agosto	0,793 bA	0,968 bAB	1,812 aA
Setembro	0,592 bA	0,544 bBC	1,403 aABC
Outubro	0,300 bA	0,442 bC	1,185 aABC
Novembro	0,456 bA	1,085 abA	1,665 aAB
Dezembro	0,354 aA	0,576 aBC	0,431 aCD
Janeiro	0,409 bA	0,547 bB	1,866 aA
Fevereiro	0,660 aA	0,482 aC	0,491 aCD
Março	0,436 aA	0,642 aABC	0,415 aCD
Abril	0,457 aA	0,391 aC	0,305 aD
Totais	6,584 a	7,450 a	10,97 a
CV %	55	47	46

Em que: 1 = Médias de dez repetições. Valores com a mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Bonferroni a 5%; FSEI = floresta secundária estágio inicial; FSEM = floresta secundária estágio médio; FSEA = floresta secundária estágio avançado.

valores anuais de 10,72 e 10,94 Mg ha<sup>-1</sup> de serapilheira aportada ao solo sob uma floresta estacional semidecidual em estágio avançado nos anos de 2000 e 2001 respectivamente. Em Araras, SP, também em floresta estacional semidecidual, Diniz e Pagano (1997) encontraram valores ligeiramente superiores, com aporte de serapilheira total de 11,59 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Dados da produção de serapilheira em florestas tropicais obtidos por autores de diferentes partes do mundo, apresentados por Sundarapandian e Swamy (1999) demonstram que os valores aportados oscilam entre 2,4 e 14,8 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Para as áreas de florestas semidecíduas brasileiras, os valores de produção de serapilheira variaram entre 7,0 a 8,6 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Dados mundiais, inclusive brasileiros, sobre o estoque de serapilheira em florestas tropicais foram apresentados por Borém e Ramos (2002), onde os autores verificaram estoque de serapilheira entre 2,1 e 38,0 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A análise desses trabalhos demonstra grande magnitude de variação no aporte de serapilheira em ecossistemas florestais.

A variação temporal de deposição da serapilheira total e as correlações desta com as variáveis climáticas do período avaliado são

apresentadas nas Tabelas 1 e 2 respectivamente.

Quanto às variações temporais (Tabela 1) observou-se que as áreas sob estágio mais jovens de sucessão florestal (médio – FSEM e inicial – FSEI) não apresentaram, de modo geral, significativas variações no decorrer do ano, com apenas tendência de aumento do aporte nos meses de julho e agosto, final da estação seca e de temperaturas mais baixas na região. Esse comportamento pode ser atribuído a uma provável menor influência das características sazonais sobre a produção de serapilheira nessas formações florestais; além da sua menor diversidade de espécies (padrão uniforme de senescência) e características fisiológicas das espécies pioneiras nelas dominantes, que apresentam além de uma queda mais intensa, sobretudo de folhas, uma deposição mais uniforme ao longo do ano (GUARIGUATA e OSTERGA, 2001; PEZZATO e WISNIEWSKI, 2006).

Na floresta estágio avançado (FSEA), o aporte da serapilheira (Tabela 1) pode ser agrupado quantitativamente em dois períodos: o primeiro de dezembro a julho, com valores menores e significativos; e o segundo de agosto a novembro, com maiores valores aportados. Nesse segundo período há uma exceção no mês de janeiro

TABELA 2: Coeficiente de correlação de Pearson para aporte total e variáveis climáticas no período estudado nas diferentes áreas de estudo.

TABLE 2: Pearson coefficient of correlation for total litter devolution and climatic variable in the period studied in the different study areas.

Áreas	TMe (°C)	TMi (°C)	TMa (°C)	Ppt (mm)	Vv (ms <sup>-1</sup> )	UR (%)
FSEI	-0,63	-0,75	0,38	0,61	-0,23	-0,65
FSEM	-0,10	-0,14	NS	0,26	0,15	0,20
FSEA	NS	NS	0,13	0,42	0,44	-0,11

Em que: TMe = temperatura média; TMi = temperatura mínima; TMa = temperatura máxima; Ppt = precipitação; VV = velocidade dos ventos; UR = umidade relativa do ar; FSEI = floresta secundária estágio inicial; FSEM = floresta secundária estágio médio; FSEA = floresta secundária estágio avançado; NS = não significativo; correlações significativas a 1% de probabilidade de erro.

quando os altos valores encontrados se mostraram significativamente iguais àqueles dos meses do segundo período, exceção esta que pode ser atribuída à correlação positiva encontrada nesta Ue de estudo com a variável climática velocidade dos ventos (Tabela 2).

Concordando com os resultados desse estudo, outros trabalhos (MARTINS e RODRIGUES, 1999; WERNECK et al., 2001; BORÉM e RAMOS, 2002; DIAS et al., 2002; ARATO et al., 2003; VITAL et al., 2004; PEZZATTO e WISNIEWSKI, 2006) têm relatado um padrão de deposição de serapilheira em estágios mais avançados de sucessão de Floresta Estacional Semidecidual que mostram uma maior quantidade de material aportado no período que compreende o final da estação seca e início da chuvosa, bem como menores aportes no fim da estação chuvosa e início da seca, com destaque de modo geral para os maiores valores nos meses de agosto e setembro e os menores entre os meses de abril a junho.

Pôde-se observar que as correlações entre o material aportado e as variáveis climáticas, apresentadas na Tabela 2, mostra comportamento diverso nas diferentes áreas de estudo. Em FSEI, destacam-se as correlações negativas com temperaturas médias, mínimas e com a umidade relativa do ar. Baixos valores de correlação com todas as variáveis climáticas foram verificados para FSEM, enquanto maiores valores de correlação com precipitação e velocidade dos ventos foram observados para a FSEA.

Apesar da correlação positiva do aporte de serapilheira em FSEA com a precipitação (Tabela 2), considerado típico dessas florestas estacionais, podem-se atribuir, nesse trabalho, os maiores aportes no final da estação seca à ação de

hormônios que em resposta a um sinal externo de estresse hídrico desencadeia uma série de eventos fisiológicos que culminam com a queda das folhas (DIAS et al., 2002), representando assim uma estratégia para o aumento da resistência desses sistemas florestais à baixa disponibilidade de água nesse período (BARBOSA e FARIA, 2006). Burn et al. (2001) estudando a relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul verificaram que o principal mecanismo que desencadeia o processo de derrubada de maior quantidade de serapilheira na primavera é a detenção do crescimento provocada no inverno, funcionando o maior índice de chuvas do primeiro período citado, assim como o vento e o efeito do aumento da temperatura na derrubada de galhos e miscelânea, como processos auxiliares na derrubada do material já senescente.

Quanto às altas produções de serapilheira em FSEA nos meses mais quentes e chuvosos, e mais distantes do término do período seco (outubro, novembro e janeiro), é provável, como já relatado por outros autores (MARTINS e RODRIGUES, 1999; PEZZATTO e WISNIEWSKI, 2006) que a velocidade média dos ventos, correlacionada positivamente com a deposição de serapilheira (Tabela 2), tenha influenciado no aumento da queda, por ação mecânica, especialmente da fração foliar da serapilheira.

Outra justificativa para o aumento de produção da serapilheira, sobretudo da fração ramos, nos estágios mais avançados de sucessão (FSEM e FSEA) no período quente e chuvoso estudado, pode ser as diferentes características estruturais de cada um dos três estágios sucessionais que constituem as unidades de estudo.

Estudando a relação entre a produção de serapilheira e a estrutura da vegetação em floresta mesófila semidecídua em diferentes estágios sucessionais em Ouro Preto, MG Werneck et al. (2001) observaram comportamento semelhante ao verificado neste estudo, de maior aporte de serapilheira no final da estação seca e na área sob cobertura florestal em estágio mais avançado de desenvolvimento. Os autores consideraram que, embora as paisagens florestais mais recentemente perturbadas tenham um maior número de espécies pioneiras (tipicamente mais decíduas), a maior produção de serapilheira nos estágios sucessionais mais avançados poderia estar relacionada à altura, diâmetro das árvores e proporção ocupada pelas copas, o que acarretaria maior produção de biomassa exposta à queda para formação da serapilheira.

Os valores percentuais totais da deposição das frações de serapilheira são apresentados na Figura 2. As porcentagens correspondentes às frações folhas e material reprodutivo tenderam a diminuir, enquanto as das frações ramos e outros aumentaram com o avançar dos estágios sucessionais.

Em florestas estacionais semidecíduas, Toledo et al. (2002) na sub-bacia do Ribeirão Cachimbal em Pinheiral-RJ, Pezzatto e Wisniewski (2006) no oeste do Paraná e Werneck et al. (2001) em Ouro Preto, MG, assim como Brun et al. (2001), em florestas estacionais decíduas no Rio Grande

do Sul, verificaram comportamento semelhante de deposição das frações de serapilheira ao observado neste estudo.

As florestas em estágios sucessionais mais jovens produzem maior quantidade de serapilheira foliar do que da fração composta por tecidos mais lenhosos, já que nesses estágios iniciais a produção da biomassa é preferencialmente alocada para formação de tecidos foliares, ao contrário dos estágios avançados de sucessão em que é predominantemente alocada para formação de material lenhoso (GUARIGUATA e OSTERTAG, 2001). Assim, a predominância de determinada fração em distintos estágios sucessionais a tornará mais disponível à queda para a formação da serapilheira naquele estágio.

A dinâmica temporal da deposição das frações de serapilheira apresentada na Figura 3 mostra que as maiores variações ocorreram, de modo geral, em FSEA. Tal fato pode ser atribuído à maior diversidade florística e de grupos ecológicos (Pioneira, Secundária e Clímax) encontradas nessa formação florestal.

Nas três áreas de estudo, destacam-se os maiores depósitos da fração folha nos meses de julho e agosto e os menores de dezembro a abril, o que mantém coerência com os depósitos totais apresentados na Tabela 1, já que esta fração representa o maior quantitativo na constituição da serapilheira total (WERNECK et al., 2001; TOLEDO, 2003).

Em FSEA as frações ramos e outros apresentaram, de forma similar, os maiores aportes nos meses de janeiro, agosto e dezembro. Apesar das baixas correlações entre o depósito dessa fração da serapilheira e a variável climática velocidade dos ventos (Tabela 2) em todo período estudado, os valores dessa variável nesses três meses estão entre os maiores observados, o que possivelmente poderá ter refletido no aumento da deposição.

A maior produção da fração material reprodutivo em FSEI nos meses de dezembro e fevereiro deve-se ao predomínio, nesta formação, de três espécies da família Melastomataceae (*Clidemia urceolata* DC., *Miconia calvescens* DC. e *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudin, responsáveis por uma intensa deposição de flores e frutos nesse período.

### Decomposição da serapilheira

Os valores da constante de decomposição

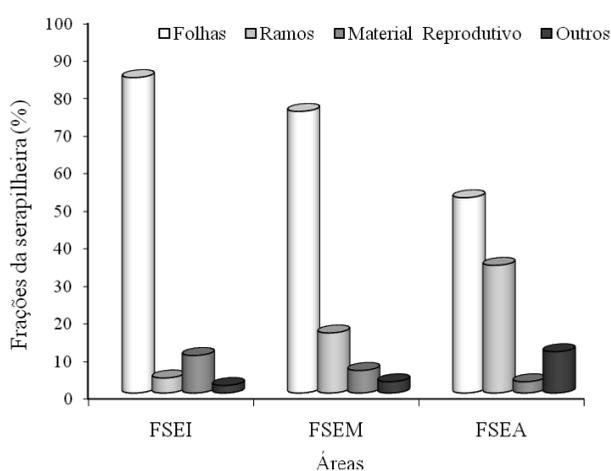


FIGURA 2: Valores percentuais da deposição total das frações da serapilheira nas três áreas de estudo.

FIGURE 2: Percentage values of total litter deposition fractions in the three study areas.

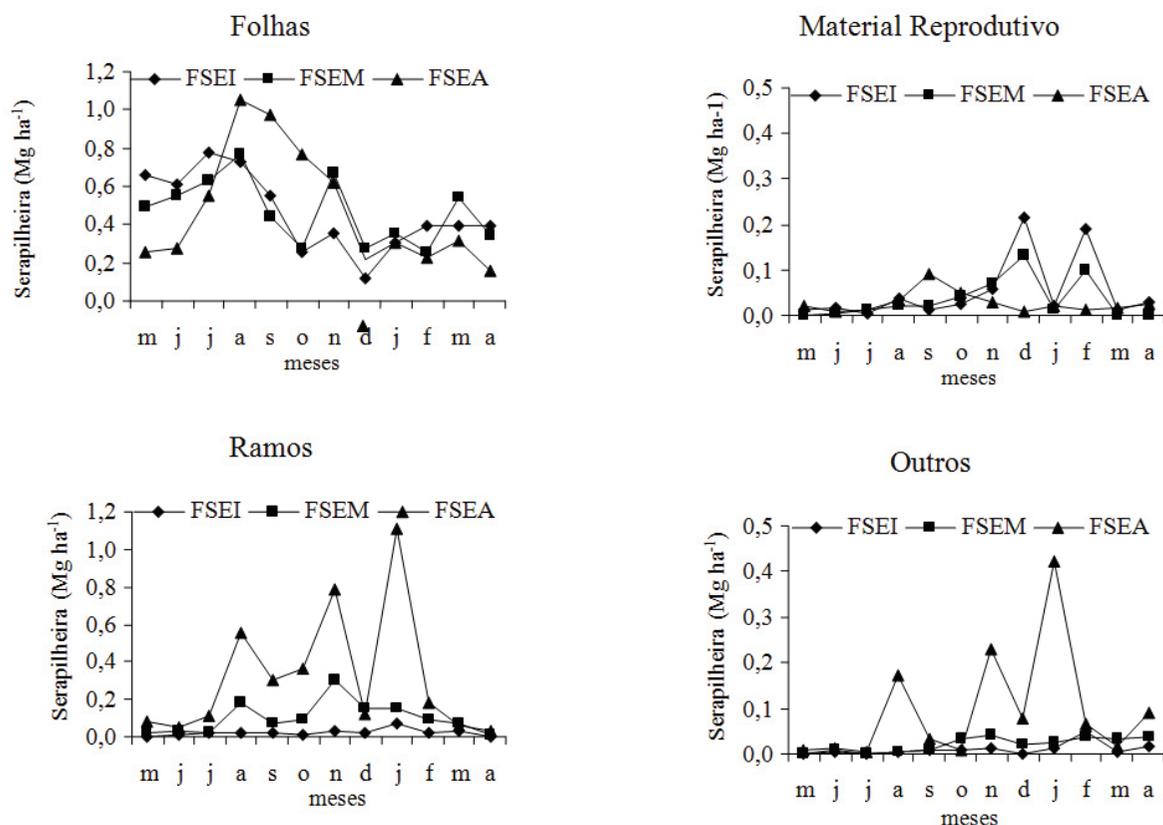


FIGURA 3: Médias mensais das frações de serapilheira ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) das diferentes áreas de estudos.  
 FIGURE 3: Monthly average fractions of litter ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) in different study areas.

(k) e do tempo de meia vida da serapilheira de cada uma das áreas de estudo encontram-se na Tabela 3, e as curvas de decomposição na Figura 4. Ao longo do período estudado a área de FSEM foi a que apresentou a menor constante  $k$  ( $0,0038 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) e conseqüente maior tempo de meia vida (182 dias), seguida por FSEI ( $0,044 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e 154 dias) e FSEA ( $0,0064 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e 108 dias).

As diferenças observadas nas taxas de decomposição da camada de serapilheira sob cada uma das áreas de estudo, expressas pelas curvas de decomposição, valores da constante  $k$  e respectivos tempos de meia vida (Figura 4 e Tabela 3) mostram comportamento semelhante na decomposição sob as UEs FSEI e FSEM, ligeiramente mais rápida nos primeiros 30 dias em FSEM, sendo este comportamento invertido após esse período, quando FSEI apresentou uma maior redução na massa remanescente indicando um aumento na taxa de decomposição.

De forma mais expressiva, os menores valores de material remanescente e do tempo de meia vida, assim, como, o maior valor da constante  $k$  foram encontrados sob FSEA, principalmente a

TABELA 3: Valores<sup>1</sup> de constante de decomposição ( $K$ ) e tempo de meia vida ( $t^{1/2}$ ) da serapilheira nas diferentes áreas de estudo.

TABLE 3: Constant decomposition values<sup>1</sup> ( $K$ ) and litter half-life time ( $t^{1/2}$ ) in different study areas.

UEs	Constante $K$ ( $\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ )	Meia vida (dias)	$R^2$
FSEI	0,0044	157	0,98
FSEM	0,0038	182	0,88
FSEA	0,0064	108	0,86

Em que: <sup>1</sup>Médias de três repetições (significativo a 1%); FSEI = floresta secundária estágio inicial; FSEM = floresta secundária estágio médio; FSEA = floresta secundária estágio avançado.

partir dos 60 dias e até o fim do período avaliado. Tal comportamento ocorre, provavelmente, em função do microclima sob esta formação vegetal mais densa e da natureza mais diversificada do substrato vegetal formador da serapilheira, ambos favorecendo a

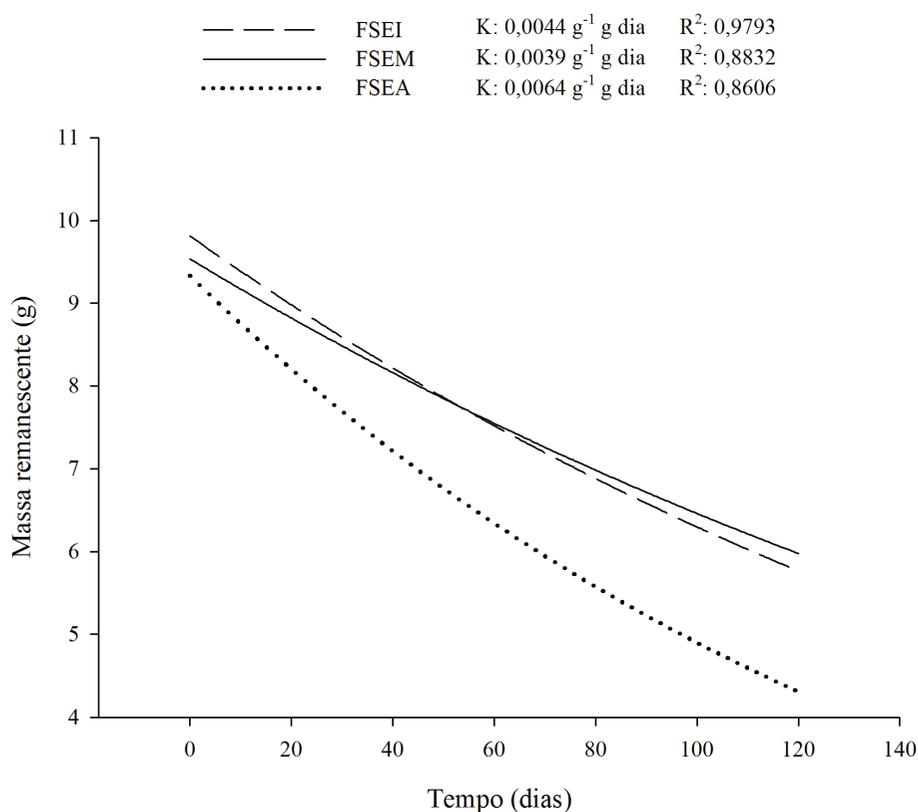


FIGURA 4: Curvas de decomposição da serapilheira nas três áreas de estudo.

FIGURE 4: Litter decomposition curves in the three study areas.

melhoria nos índices de macrofauna invertebrada (ARATO et al., 2003; GAMA RODRIGUES et al., 2003; CORREIA e ANDRADE, 1999) e conseqüentemente, beneficiando o processo de decomposição da matéria orgânica.

Em FSEA, onde ocorreram as mais altas taxas de decomposição da serapilheira quando comparadas as duas outras áreas sob estádios mais jovens de sucessão (FSEI e FSEM), foi também constatada a maior diversidade de espécies florestais o que, possivelmente, influenciou positivamente na atividade da comunidade decompositora.

Resultados semelhantes foram encontrados por Toledo (2003) na mesma sub-bacia do ribeirão Cachimbal, quando foi avaliada a velocidade de decomposição da serapilheira em duas áreas sob florestas semidecíduais em dois diferentes estágios sucessionais (médio e avançado). O autor encontrou menores valores de material remanescente sob estágio médio, com 83 % do material remanescente aos 90 dias; enquanto na área sob estágio avançado a velocidade de decomposição foi um pouco mais acelerada, com 58 % do material remanescente aos 90 dias após a instalação dos litter bags.

Avaliando a decomposição da serapilheira

em litter bags instalados no início do verão de 2003 e coletados aos 30, 60, 90 e 120 dias em áreas de floresta secundária, plantio de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (Sabiá) e plantio de *Carapa guianensis* Aubl. (Andiroba) no município de Seropédica - RJ, Fernandes et al. (2006) encontraram para a área sob floresta secundária uma decomposição mais lenta do que as verificadas nesse estudo, o que foi demonstrado por uma constante k de 0,0019 g g<sup>-1</sup> dia e tempo de meia vida de 357 dias, sugerindo que podem existir diferenças na composição do material depositado ou de outros atributos do solo, que desfavoreceram a decomposição nesse ambiente.

#### Biomassa de raízes finas

Os resultados de produção da biomassa de raízes finas (< 2 mm) nas diferentes áreas, profundidades e períodos estudados são apresentados na Tabela 4.

A comparação dos estoques de biomassa radicular entre as áreas para a coleta realizada no mês de junho mostra na camada de 0-10 cm maiores e significativos valores em FSEA (3,69 Mg ha<sup>-1</sup>) e

TABELA 4: Valores de densidade da biomassa radicular<sup>1</sup> nas três áreas de estudo.TABLE 4: Root biomass density values<sup>1</sup> in the three study areas.

UEs	Densidade (Mg ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	
	Dezembro	Junho
0-10 cm		
FSEI	1,75 bcA	2,14 cA
FSEM	1,48 cB	2,37 bcA
FSEA	2,61 abA	3,69 abA
10-20 cm		
FSEI	0,67 bA	0,80 bA
FSEM	0,40 bB	0,80 bA
FSEA	2,01 aA	2,10 aA
20-30 cm		
FSEI	0,49 bcA	0,51 cA
FSEM	0,15 cB	0,59 bA
FSEA	1,56 abA	1,93 aA

Em que: <sup>1</sup>Médias de dez repetições. Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Bonferroni a 5%; FSEI = floresta secundária estágio inicial; FSEM = floresta secundária estágio médio; FSEA = floresta secundária estágio avançado.

FSEM (2,37 Mg ha<sup>-1</sup>) e menor em FSEI (2,14 Mg ha<sup>-1</sup>); na camada de 10-20 cm, maior em FSEA (2,10 Mg ha<sup>-1</sup>) e menores em FSEI (0,80 Mg ha<sup>-1</sup>) e FSEM (0,80 Mg ha<sup>-1</sup>); na camada de 20-30 cm, maior em FSEA (0,93 Mg ha<sup>-1</sup>), intermediário em FSEM (0,59 Mg ha<sup>-1</sup>) e menor em FSEI (0,51 Mg ha<sup>-1</sup>).

Para a coleta realizada no mês de dezembro verificou-se comportamento semelhante ao da coleta de junho na camada de 0-10 cm, sendo apenas observada uma alteração no comportamento, com maiores valores em FSEI (1,75 Mg ha<sup>-1</sup>) e menores valores em FSEM (1,48 Mg ha<sup>-1</sup>). Na camada de 10-20 cm as diferenças de biomassa radicular entre as áreas foram iguais às constatadas na coleta de junho. Na camada de 20-30 cm foi verificado o mesmo padrão que ocorreu na camada de 0-10 cm, obedecendo a seguinte ordem: FSEA > FSEI > FSEM.

Os maiores valores de biomassa radicular encontrados, de modo geral, em FSEA, podem ser justificados pelo maior número de espécies observadas (MENEZES, 2002) nessa área, quando comparada ao observado nos estádios mais jovens de sucessão. Esse comportamento confirma a influência do estágio sucessional da floresta na sua

produção de biomassa subterrânea (CAIRNS et al., 1997).

Diferentes resultados de biomassa radicular têm sido relatados por vários autores, o que pode ser atribuído, entre outros fatores, às diferentes condições ambientais onde os estudos foram realizados.

Em estudo avaliando a biomassa subterrânea até 2 m de profundidade em diferentes ecossistemas, Castro e Kauffmann (1998) encontraram valores variando de 5,0 Mg ha<sup>-1</sup> na área sob campo limpo (árvores inexistentes) a 29,4 Mg ha<sup>-1</sup> para o cerrado denso (em torno de 1000 plantas por ha).

Estimando a biomassa e o comprimento de raízes finas ( $\leq 2$  mm de diâmetro), em diferentes profundidades do solo, para a espécie *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake, com 10 anos de idade, no município de Santa Maria - RS, Witschoreck et al. (2003) encontraram valores de 5,67 Mg ha<sup>-1</sup> na camada de 0-10 cm, 2,74 Mg ha<sup>-1</sup> na camada de 10-20 cm e 2,21 Mg ha<sup>-1</sup> na camada de 20-30 cm. Em estudo que estimou a produção de biomassa de raízes finas (< 2 mm), adotando a metodologia de cilindros metálicos, em diferentes camadas (0-5, 5-15, 15-30, 30-45, 45-60 e 60-90 cm) de um Haplic Podzol (FAO) sob *Pinus sylvestris* L. com tempo de formação de 70 anos na Bélgica, Janssens et al. (2002) encontraram no mês de maio (primavera) valores da ordem de 4,69 Mg ha<sup>-1</sup> e no mês de janeiro (inverno) 3,24 Mg ha<sup>-1</sup>.

Avaliando as relações entre a distribuição da biomassa de raízes finas, fungos micorrízicos arbusculares e nutrientes do solo em quatro florestas úmidas neotropicais localizadas na Costa Rica, Panamá, Peru e Brasil (Manaus), Powers et al. (2005) encontraram resultados de biomassa radicular de 2,37, 2,78, 4,97 e 8,00 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente, nos primeiros 40 cm do solo sob estes sistemas florestais.

Na comparação da produção de biomassa radicular entre os períodos avaliados (junho e dezembro) ocorreram diferenças significativas nas três camadas apenas na FSEM. Tal comportamento sugere que há uma maior estabilidade na dinâmica de produção da biomassa de raízes no decorrer do ano tanto no estágio inicial (FSEI) como no mais avançado (FSEA) da sucessão secundária nas três camadas estudadas.

Essas diferenças mostraram maiores valores na coleta de junho, período menos chuvoso e com temperaturas mais baixas na região, do que na coleta de dezembro. Essa tendência pode ser atribuída a

menor demanda de carbono pelo dossel e maior translocação de carboidratos para formação de raízes nesse período de menor produção vegetativa típico da região (XIAO et al., 2008).

Em discussão sobre a influência de fatores abióticos na produção da fitomassa florestal, Aduan et al. (2003) afirmam que a diminuição da umidade no solo pode ser um fator que força a razão raiz/parte aérea na direção de maior produção de biomassa radicular.

Comportamento semelhante ao encontrado no presente estudo, porém sem diferenças significativas, foi relatado por Menezes (2002) em trabalho que caracterizou a dinâmica do sistema radicular em ecossistema de floresta tropical úmida até a profundidade de 1 metro, sob Latossolo argiloso no município de Almeirim (Monte Dourado), estado do Pará, quando obteve resultados para os meses de junho e dezembro de 4,95 e 4,63 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Quanto ao comportamento da produção de biomassa radicular nas diferentes camadas de cada uma das áreas de estudo os resultados mostram a tendência de diminuição em profundidade, comportamento também constatado em outros estudos (CASTRO e KAUFFMANN, 1998; JANSSENS et al., 2002; WITSCHORECK et al., 2003).

## CONCLUSÕES

Não foi verificada diferença significativa no aporte de serapilheira entre as áreas, uma possível explicação para esse comportamento entre as áreas de estudo pode ser decorrente da elevada variabilidade dos dados. Nas áreas de FSEI e FSEM não ocorreram variações temporais significativas na deposição de serapilheira;

Na FSEA o aporte de serapilheira é menor nos meses de fevereiro a julho e maior no período de agosto a janeiro;

A mais alta taxa de decomposição da serapilheira ocorre na FSEA;

A biomassa de raízes finas é maior em FSEA e menor em FSEI.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUAN, R. E.; VILELA, M. de F.; KLINK, C. A. **Ciclagem de Carbono em Ecossistemas Terrestres** – O Caso do Cerrado Brasileiro. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 30 p. (Documentos, 105).

ANDERSON, J. N.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods**. Wallingford: CAB International, 1989. 171 p.

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

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

BARLOW, A. J. et al. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 247, n. 1-3, p. 91-97, Aug. 2007.

BOREM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. **Cerne**, Viçosa, v. 8, n. 2, p. 42-59, jul./dez. 2002.

BRASIL, F. da C. **Variabilidade espacial e temporal de características morfológicas do sistema radicular de gramíneas forrageiras**, 2005. 138 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

BRUN, E. J. et al. 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**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 277-285, dez., 2001.

CAIRNS, M.A.; BROWN, M.; HELMER, G.A. Root biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia**, v.111, p.1-11, June 1997.

CASTANHO, C. T. **Fatores determinantes no processo de decomposição em florestas no Estado de São Paulo**. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto; Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2005.

CASTRO, E. A.; KAUFFMANN, J.B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root biomass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 14, p. 263-283, May 1998.

CIANCIARUSO, M. C. et al. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 49-59,

- jan./mar. 2006.
- CONAMA. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução 006 de 4 de maio de 1994**. site: <http://www.mma.gov.br/conama/legiano1.cfm>. Consulta: 25 de janeiro de 2005.
- CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G.; FARIA, S. M. de. Sucessão das comunidades de macroartrópodos edáficos em plantações de três leguminosas arbóreas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos expandidos...** Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos; SBSC, 1997. 1 CDROOM.
- DIAS, H. C. T. et al. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 1-16, jul./dez. 2002.
- DINIZ, S.; PAGANO, S. N. Dinâmica de folheto em floresta mesófila semidecídua no município de Araras. I – Produção, decomposição e acúmulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 27-36, Jun. 1997.
- FANTE JUNIOR, L. et al. Distribuição do sistema radicular de uma cultura de aveia forrageira. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1091-1100, 1999, Supl. esp.
- FERNANDES, M. M. et al. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* benth.) e Andiroba (*Carapa guianensis* aubl.) na FLONA Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 163-175, abr./jun. 2006.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.6**. Lavras: DEX/UFLA, 2004. 32 p.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1021-1031, dez. 2003.
- GONÇALVES, J. L. M.; MIRANDA, S. M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização de florestas**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 221-267.
- GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology Management**, v. 148, n. 1-3, p. 185-206, July 2001.
- HAO, Y; et al. Roots of pioneer trees in the lower sub-tropical area of Dinghushan, Guangdong, China. **Journal of Zhejiang University Science B.**, v. 7, n. 5, p. 377-385, May 2006.
- JANSSENS, I. A. et al. The carbon cost of fine root turnover in a Scots pine forest. **Forest Ecology and Management**, v. 168, n. 1-3, p. 231-240, Sept. 2002.
- KÖNIG, F. G. et al. Avaliação da sazonalidade da produção de serrapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria-RS. **Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 429-435, ju./ago. 2002.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.
- LOPES, M. I. S.; DOMINGOS, M.; STRUFFALDI-DE-VUONO, Y.; Ciclagem de nutrientes minerais. In: SYSLVESTRE, L. S.; ROSA M. M. T. **Manual metodológico para estudos botânicos na mata atlântica**. Seropédica: EDUR- UFRRJ, 2002. p.72-102.
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serrapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecídua no Município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 405-412, dez. 1999.
- 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 em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1999.
- MENEZES, M. C. de. **Dinâmica da biomassa e dos nutrientes nas raízes em ecossistemas de floresta nativa e plantios de Eucalyptus na Amazônia Oriental**. 2002. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 2002.
- OLIVEIRA, J. A. **Caracterização física da Bacia do Ribeirão Cachimbal-Pinheiral (RJ) e de suas principais paisagens degradadas**. 1998. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1998.
- PANDEY, R. R. et al. Litterfall, litter decomposition and nutrient dynamics in a subtropical natural oak forest and managed plantation in northeastern India. **Forest Ecology and Management**, v. 240, n. 1-3, p. 96-104, Mar. 2007.
- PEZZATTO, A. W.; WISNIEWSKI, C. Produção de serrapilheira em diferentes seres sucessionais da Floresta Estacional Semidecidual no oeste do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 111-120, jan./abr. 2006.
- POWERS, J. S.; TRESEDER, K. K.; LERDAU,

- M. T. Fine roots, arbuscular mycorrhizal hyphae and soil nutrients in four neotropical rain forests: patterns across large geographic distances. **New Phytologist**, New Jersey, v. 165, n. 3, p. 913-921, Mar. 2005.
- REZENDE, C.P. et al. Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in Atlantic forest region of South Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 54, n. 2, p. 99-112, June 1999.
- SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 29-37, jan./fev. 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, n. 2-3, p. 231-244, Nov. 1999.
- THOMAS, R. J., ASAKAWA, N. M Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, Oct. 1993.
- TOLEDO, L. de O. **Aporte de serrapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no município de Pinheiral, RJ**. 2003. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.
- TOLEDO, L. O., PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 9-16, dez. 2002.
- TOLEDO, L. O.; PEREIRA, M. G. Dinâmica da deposição de serapilheira: um estudo prolongado em florestas secundárias em área de mata Atlântica. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 11, n. 1, p. 39, jan./jun. 2004.
- VITAL, A. R. T. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793-800, nov./dez. 2004.
- VOGT, K. A. Carbon budgets of temperate forest ecosystems. **Tree Physiology**, Oxford, v. 9, n. 1-2, p. 69-86, July/Sept. 1991.
- WERNECK, M. S., PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto-MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 195-198, jun. 2001.
- WEST, J. B.; ESPELETA, J. F.; DONOVAN, L. A. Fine root production and turnover across a complex edaphic gradient of a *Pinus palustris*: *Aristida stricta* savanna ecosystem. **Forest Ecology and Management**, v. 189, n. 1-2, p. 397-406, Feb. 2004.
- WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA M. V. W. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* s.t. blake no município de Santa Maria-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 177-183, mar./abr. 2003.
- XIAO, C. W.; SANG, W. G.; WANG, R. Z. Fine root dynamics and turnover rate in an Asia white birch forest of Donglingshan Mountain, China. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 3-4, p. 765-773, Mar. 2008.