

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

TIAGO LUIS HABITZREITER

**PRODUÇÃO, DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES
DE SERRAPILHEIRA DE *PINUS sp*, *EUCALYPTUS sp.* E
FLORESTA NATIVA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS
2013

TIAGO LUIS HABITZREITER

**PRODUÇÃO, DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES
DE SERRAPILHEIRA DE *PINUS* sp., *EUCALYPTUS* sp. E
FLORESTA NATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina trabalho de conclusão de curso II, do curso superior de engenharia florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR. Como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor

DOIS VIZINHOS
2013

H116p Habitzreiter, Tiago Luis.
Produção, decomposição e liberação de nutrientes de serrapilheira de *Pinus sp.*, *Eucalyptus sp.* e floresta nativa / Tiago Luis Habitzreiter – Dois Vizinhos :[s.n], 2013. 50f.:il.

Orientador: Laércio Ricardo Sartor.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2013.
Bibliografia p.46-50

1. Nutrientes. 2. Serrapilheira I. Sartor, Laércio Ricardo, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná– Dois Vizinhos. III. Título

CDD: 634.9

Ficha catalográfica elaborada por Rosana Oliveira da Silva CRB: 9/1745

Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos



TERMO DE APROVAÇÃO

PRODUÇÃO, DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE SERRAPILHEIRA DE *PINUS* sp., *EUCALYPTUS* sp. E FLORESTA NATIVA

Tiago Luis Habitzreiter

Este Trabalho de Conclusão de Curso **II** foi apresentado às 10:40 Horas do dia 04 de Setembro de 2013 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal, do Programa de graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi argüido pela banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca Examinadora considerou o trabalho Aprovado.

Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor
Orientador (UTFPR-DV)

Prof. Dr. Carlos Alberto Casali
Membro titular (UTFPR-DV)

Prof.^a.Dr.^a. Elisandra Pokojeski
Membro titular (UTFPR-DV)

-O termo de aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso-

Dedico esse trabalho

A Deus, nosso pai que sempre guiou meus passos, e me deu oportunidade de realizar mais uma importante etapa em minha vida.

A minha família, em especial aos meus pais Olivio Habitzreiter e Iracilde Habitzreiter, pelos ensinamentos de caráter e honestidade e ao meu irmão Flávio Habitzreiter, pela amizade e companheirismo

AGRADECIMENTOS

À Deus, que pela sua infinita bondade me deu saúde, força e coragem e sempre me guiou pelos caminhos corretos.

Ao Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor, pela orientação, pelos ensinamentos, confiança, amizade e paciência.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela oportunidade que me foi concedida de cursar Graduação em Engenharia Florestal, de forma gratuita e com qualidade.

A todos os meus amigos e colegas que ajudaram e auxiliaram na realização deste trabalho, em especial Carlos Cesar Mezzalira, Jordan Tieggs Mondardo, Gean Felipe Oliveira e Fernando Franceschi, pelas incessantes horas de laboratório.

Aos meus pais e irmão que, sempre me apoiaram e não mediram esforços para a conquista de mais esta etapa de minha vida.

Aos meus colegas de turma pela amizade, companheirismo nesses longos anos de caminhada.

RESUMO

HABITZREITER, Tiago Luis. **Produção, decomposição e liberação de nutrientes de serrapilheira de *Pinus sp.*, *Eucalyptus sp.* e floresta nativa.** 2013. 49 p. Trabalho de conclusão de curso (graduação em engenharia florestal) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos – Pr, 2013

Os estudos de ciclagem de nutrientes, são importantes tanto para preservação dos sistemas naturais e sua sustentabilidade, quanto para avaliação de impactos causados ao ambiente, com isso se tem estimativas de quanto que os sistemas florestais estão produzindo de biomassa e quanto que se esta ciclando de nutrientes no sistema. Este trabalho teve como objetivo determinar a produção de serrapilheira, velocidade de decomposição e liberação de nutrientes de folhas de *Pinus sp.*, *Eucalyptus sp.* e Floresta nativa (Floresta Ombrófila mista Montana) cultivados em clima subtropical úmido no período de um ano. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois vizinhos. Para a obtenção dos dados de decomposição e liberação de nutrientes, foi através do uso de *litter bags*, os quais foram fabricados com tela de sombrite de malha 2 mm. Cada unidade com dimensões de 20 x 20 cm. O material foi coletado da serrapilheira da superfície, recém-depositada no solo. Após coletado o material foi secado em estufas de circulação forçada de ar na temperatura de 65°C até peso constante. Após a secagem do material, foram pesadas as amostras em laboratório com o auxílio de balança semi-analítica a fim de obter amostras de 20 gr. para cada *litter bag*. O experimento foi conduzido no delineamento de inteiramente casualizado, com três repetições, em parcelas subdivididas no tempo. Estas coletas se procederam da seguinte forma; amostra zero, 15 dias, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 e 360 dias, totalizando um ano de coleta, para estas coletas foi avaliado as taxas de decomposição da matéria seca (MS) e de liberação de nutrientes. A quantidade de serrapilheira depositada sobre o solo nos diferentes tratamentos, variou de acordo com o período do ano, com a precipitação e a temperatura média mensal, sendo que a deposição para pinus, eucalipto e a Floresta nativa os picos de deposição da serrapilheira não coincidiram em mesmos períodos. Quando avaliados as quantidades de MS remanescente nos *litter bags*, se comprovou que para a espécie *Pinus sp.* o comportamento para a decomposição da serrapilheira foi mais lento que os demais tratamentos.

Palavras-chave: *Litter bags*. Decomposição. Serrapilheira. Nutrientes.

ABSTRACT

HABITZREITER, Tiago Luis. **Production, decomposition and nutrient release from litter *Pinus sp.*, *Eucalyptus sp.* and native forest.** In 2013. 49 p. Completion of course work (undergraduate forestry) Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos - Pr, 2013

Studies of nutrient cycling, are important both for the preservation of natural systems and their sustainability, and for evaluation of impacts to the environment, it has been estimated that as systems are producing forest biomass and how much that this cycling of nutrients in the system. This study aimed to determine the litterfall, decomposition rate and nutrient release from leaves *Pinus sp.*, *Eucalyptus sp.* and native forest (mixed Rainforest nuclei Montana) grown in humid subtropical climate in the period of a year. The experiment was conducted in the experimental area of the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos. To obtain the data decomposition and release of nutrients has been through the use of litter bags, which were made of screen mesh shading 2 mm. Each unit with dimensions of 20 x 20 cm. The material was collected from the surface litter, newly deposited soil. After the collected material was dried in greenhouses forced air circulation at a temperature of 65 ° C to constant weight. After drying the material, the samples were weighed in the laboratory with the help of semi-analytical scale to obtain 20 g samples for each litter bag. The experiment was conducted in completely randomized design with three replications in a split plot in time. These collections was proceeded as follows; zero sample, 15 days, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 and 360 days, totaling a year of collection for these collections was measured decay rates of dry matter (DM) and nutrient release. The amount of litter on the soil in different treatments varied according to time of year, with the average monthly rainfall and temperature, and the deposition to pine, eucalyptus and native forest peaks deposition of litter did not coincide in the same periods. When assessing the quantities of DM remaining in litter bags, proved that for the species *Pinus sp.* behavior to litter decomposition was slower than the other treatments.

Keywords: Litter bags. Decomposition. Litter. Nutrients.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - MAPA DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DA PESQUISA	21
FIGURA 2 - (A) DEMONSTRAÇÃO DO LITTER BAG. (B) FORMA DE IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO COM O AUXÍLIO DE BANDEIRAS PARA DEMARCAÇÃO.....	23
FIGURA 3 - COLETOR DE SERRAPILHEIRA	25
FIGURA 4 - DADOS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA MÉDIA MENSAL.	25
FIGURA 5 - COMPORTAMENTO DA PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E A TEMPERATURA MÉDIA NO PERÍODO DE ABRIL DE 2012 A MARÇO DE 2013.....	29
FIGURA 6 - BIOMASSA DE SERRAPILHEIRA ACUMULADA E PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA EM CADA MÊS.	31
FIGURA 7 - COMPARAÇÃO DA PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA EM kg^{-1} HA MS ENTRE OS TRATAMENTOS, <i>EUCALYPTUS SP</i> X FLORESTA NATIVA, <i>EUCALYPTUS SP</i> X <i>PINUS SP</i> E FLORESTA NATIVA X <i>PINUS SP</i>	32
FIGURA 8 - PORCENTAGEM DE MATÉRIA SECA REMANESCENTE DE RESÍDUO DE DIFERENTES TIPOS DE SERRAPILHEIRA, <i>PINUS SP</i> , <i>EUCALYPTUS SP</i> E FLORESTA NATIVA, DENTRO DOS TEMPOS DE AVALIAÇÃO. UTFPR, CAMPUS DOIS VIZINHOS 2013.	36
FIGURA 9 DECOMPOSIÇÃO ACUMULADA DE MATÉRIA SECA, PARA <i>PINUS SP</i> , <i>EUCALYPTUS SP</i> E FLORESTA NATIVA, E PRECIPITAÇÃO ACUMULADA	38
FIGURA 10 - NITROGÊNIO REMANESCENTE NA SERRAPILHEIRA DOS LITTER BAGS, PARA <i>PINUS SP</i> , <i>EUCALYPTUS SP</i> E FLORESTA NATIVA.	39
FIGURA 11 DECOMPOSIÇÃO ACUMULADA DE NITROGÊNIO, PARA <i>PINUS SP</i> , <i>EUCALYPTUS SP</i> E FLORESTA NATIVA, E PRECIPITAÇÃO ACUMULADA	40
FIGURA 12 - FÓSFORO REMANESCENTE NA SERRAPILHEIRA DOS LITTER BAGS, PARA <i>PINUS SP</i> , <i>EUCALYPTUS SP</i> E FLORESTA NATIVA.	41
FIGURA 13 DECOMPOSIÇÃO ACUMULADA DE FÓSFORO, PARA <i>PINUS SP</i> , <i>EUCALYPTUS SP</i> E FLORESTA NATIVA, E PRECIPITAÇÃO ACUMULADA.....	42
FIGURA 14 - POTÁSSIO REMANESCENTE NA SERRAPILHEIRA DOS LITTER BAGS, PARA <i>PINUS SP</i> , <i>EUCALYPTUS SP</i> E FLORESTA NATIVA.	43

FIGURA 15 DECOMPOSIÇÃO ACUMULADA DE POTÁSSIO, PARA <i>PINUS SP</i> , <i>EUCALYPTUS SP</i> E FLORESTA NATIVA, E PRECIPITAÇÃO ACUMULADA	44
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - QUANTIDADE DE BIOMASSA DEPOSITADA A CADA MÊS DO ANO E TEORES DE NITROGÊNIO(N), FÓSFORO (P), POTÁSSIO (K), CÁLCIO (Ca), MAGNÉSIO (Mg) E CARBONO (C), DEPOSITADO SOBRE O SOLO ATRAVÉS DA SERRAPILHEIRA, EM ÁREAS DE *EUCALIPTUS SP*, *PINUS SP*, E FLORESTA NATIVA, NO PERÍODO DE MARÇO DE 2012 A FEVEREIRO DE 2013..... 35
- TABELA 2 - VALORES MÉDIOS DE MS DECOMPOSTA PARA OS TRATAMENTOS COM *PINUS SP*, *EUCALYPTUS SP* E FLORESTA NATIVA NO MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS PARANÁ. 37
- TABELA 3 - VALORES MÉDIOS DE NITROGÊNIO LIBERADOS PELA SERRAPILHEIRA, PARA OS TRATAMENTOS COM *PINUS SP*, *EUCALYPTUS SP* E FLORESTA NATIVA NO MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS PARANÁ. 39
- TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DE FÓSFORO LIBERADOS PELA SERRAPILHEIRA, PARA OS TRATAMENTOS COM *PINUS SP*, *EUCALYPTUS SP* E FLORESTA NATIVA NO MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS PARANÁ. 41
- TABELA 5 - VALORES MÉDIOS DE POTÁSSIO LIBERADOS PELA SERRAPILHEIRA, PARA OS TRATAMENTOS COM *PINUS SP*, *EUCALYPTUS SP* E FLORESTA NATIVA NO MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS PARANÁ. 44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3. JUSTIFICATIVA.....	12
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
4.1 SERRAPILHEIRA.....	13
4.2 DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA E CICLAGEM DE NUTRIENTES..	17
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
5.2 OBTENÇÃO DOS DADOS.....	22
5.3 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA.....	23
5.4 COLETA DA DEPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA.....	24
5.5 DADOS CLIMÁTICOS.....	25
5.6 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE AMOSTRAS VEGETAIS.....	26
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
6.1 DEPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA.....	28
6.2 DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA.....	35
7. CONCLUSÕES.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

A utilização de recursos energéticos para produções agrícolas e florestais, tem tomado rumo a sistemas sustentáveis. A sustentabilidade dos sistemas de produção é um tema de grande atenção nos diversos meios, pois a sociedade está cada vez mais atenta às questões relacionadas. Nos sistemas de produção florestal esta atualmente sofrendo pressões externas para a produção em meios sustentáveis, com a utilização de sistemas de certificação, e assim se agregar valor ao produto produzido e garantir a manutenção dos recursos naturais.

O termo sustentabilidade tem como idéia básica de manejar as florestas de maneira que os descendentes obtivessem dela pelo menos os mesmos benefícios que a geração atual. Com isso se faz necessário o entendimento dos ciclos biogeoquímicos dos elementos minerais e orgânicos de um sistema, é de suma importância para aplicação de técnicas sustentáveis de gestão da atividade de exploração florestal.

A serrapilheira depositada sobre o solo das florestas, tem papel fundamental na manutenção da umidade do solo e na proteção contra a erosão e degradação do solo. Além disso, tem importância na manutenção da fertilidade do solo, onde, por meio da decomposição da serrapilheira tem-se o principal meio de retorno de nutrientes, via ciclagem dos mesmos, possibilitando fornecer parte ou o necessário do que as plantas que estão nesses ecossistemas precisam para seu desenvolvimento.

O estudo da produção e da decomposição da serrapilheira em diferentes coberturas e espécies florestais tem intuito obter informações acerca da dinâmica dos nutrientes e estabelecer práticas que possibilitem o manejo da fertilização em cultivos florestais. Quando se avalia o acúmulo e ou deposição de serrapilheira pretende-se entender o fluxo de nutrientes no ecossistema da floresta, o que pode garantir a sustentabilidade desse sistema de produção e/ou preservação. Assim, quanto mais acelerada a velocidade de decomposição da serrapilheira, mais rápido ocorrerá a mineralização e, conseqüentemente, o retorno dos nutrientes ao solo.

Em qualquer comunidade florestal há uma forte interação entre a vegetação e o solo, que se expressa no processo cíclico de entrada e saída de matéria do mesmo. Neste contexto, a serrapilheira depositada sobre o piso das florestas tem um papel fundamental na dinâmica desses ecossistemas, fornecendo bases para um

manejo adequado e para a avaliação de impactos decorrentes das atividades antrópicas (CÉSAR, 1991).

Segundo Santos et al. (2008) a deposição de serrapilheira nas florestais é variável no decorrer do ano e encontra-se sob determinação, fundamentalmente, das estações climáticas. Ou seja, a decomposição da Serrapilheira e a liberação dos nutrientes podem sofrer influenciadas do clima, sendo a temperatura e a umidade os fatores reguladores da atividade microbiana do solo. Da mesma forma, são muitos os fatores bióticos e abióticos que influenciam a deposição e transformação da serrapilheira. Destacam-se entre esses: tipo de vegetação, seu estágio sucessional, característica de decidualidade 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).

Os estudos de ciclagem de nutrientes, são importantes tanto para preservação dos sistemas naturais e sua sustentabilidade, quanto para avaliação de impactos causados ao ambiente, com isso se tem estimativas de quanto que os sistemas florestais estão produzindo de biomassa e quanto que se esta ciclando de nutrientes no sistema.

Este trabalho teve como objetivo determinar a produção de serrapilheira, velocidade de decomposição e liberação de nutrientes de folhas de *Pinus sp.*, *Eucalyptus sp.* e Floresta nativa (Floresta Ombrofila mista Montana) cultivados em clima subtropical úmido no período de um ano.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Verificar a produção e acúmulo de serrapilheira total em um reflorestamento de pinus, eucalipto e mata nativa.

b) Determinar o teor de nutrientes (C, N, K, P, Ca e Mg) acumulado na serrapilheira de um reflorestamento de pinus, eucalipto e mata nativa.

c) Avaliar a decomposição e tempo de renovação da serrapilheira total.

d) Estimar a velocidade de liberação de N, P, K, Ca, Mg, C das folhas de *Pinus elliotti*, *Eucalipto sp.* e mata nativa (Floresta Ombrófila Mista Montana).

e) Estimar a quantidade de nutrientes liberada pelas folhas que compõe a serrapilheira de uma floresta de *Pinus elliotti*, *Eucalyptus sp.* e mata nativa durante um ano.

3. JUSTIFICATIVA

A comparação do processo de ciclagem de carbono e nutrientes entre florestas plantadas e floresta natural permitiu avaliar possíveis alterações decorrentes de técnicas de manejo aplicadas e inferir sobre a sustentabilidade dos sítios florestais. O conhecimento da dinâmica de ciclagem de nutrientes pelos estratos florestais é de grande importância, onde se tem estimativas do teor de nutrientes que as florestas estão extraído do solo e o quanto se está sendo ciclado e retornando ao solo via produção da serrapilheira. Nesse sentido avaliou o quanto cada espécie florestal estava contribuindo para manutenção da serrapilheira e, desse material quanto é decomposto. Em solos de baixa fertilidade, as quantidades de carbono e nutrientes encontradas no solo, na serrapilheira e na biomassa aérea são importantes na definição do balanço de nutrientes e podem servir como indicadores de diferenças entre espécies e, ou, sistemas florestais. Em especial no que tange à disponibilidade de nutrientes para as plantas, e, portanto, da eventual necessidade de aplicação de fertilizantes.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os primeiros estudos geográficos sobre a vegetação brasileira datam do início do século XIX Wetzel (1997). Muitas formações vegetais distintas ocorrem no Brasil, devido a isso vários pesquisadores procuraram definir e estudar estas formações, observando aspectos climáticos, edáficos e geográficos (FERNANDES e BACKES, 1998).

A vegetação é a principal responsável pela variabilidade horizontal da serrapilheira, pois quanto mais diversa for a comunidade vegetal, mais heterogeneidade vertical da serrapilheira. Ou seja, a diferença em camadas de serrapilheira, é decorrente da velocidade de decomposição da mesma, que, por sua vez, é determinada por fatores climáticos, edáficos e biológicos (SANTOS et al., 2008).

A queda de serrapilheira e sua conseqüente decomposição são essenciais para a manutenção dos ecossistemas terrestres devido à transferência dos nutrientes da vegetação para o solo Vitousek (1984), fenômeno que é vital para a manutenção da sua fertilidade Ewel 1976, Facelli e Picket 1991, Vasconcelos & Luizão (2004). Conseqüentemente, para o crescimento e desenvolvimento das comunidades vegetais existentes nesses locais (FACELLI E PICKET 1991).

4.1 SERRAPILHEIRA

A serrapilheira é essencial para os ecossistemas devido às alterações físicas (acúmulo de serrapilheira) e químicas (processo de decomposição) na relação solo-planta. O acúmulo de serrapilheira é importante para proteger o solo, visto que modifica a temperatura próxima à superfície, a qualidade de luz que chega Facelli e Picket (1991) e evita a compactação do solo ao reduzir o impacto da chuva sobre o mesmo. Por alterar a qualidade de luz, acaba por selecionar as sementes que irão germinar, além disso, pode atuar como uma barreira física para o estabelecimento de sementes, uma vez que pode dificultar a emergência de plântulas após a germinação da semente Facelli e Picket (1991). Pode também apresentar efeitos alelopáticos, onde substâncias liberadas no solo através da decomposição da

serrapilheira interfere na germinação de sementes de outras espécies (FACELLI & PICKET 1991).

Serrapilheira é a camada de detritos vegetais (folhas, ramos, caules, cascas, frutos e flores) e animais disposta na superfície do solo, e que sua formação se reflete no equilíbrio entre a produção e a decomposição no sistema (Olson, 1963). A importância desta camada para a ciclagem de nutrientes em povoamentos florestais, sejam naturais ou implantados, é reconhecida desde o século passado (Pritchett, 1979). Ela contribui, juntamente com os demais compartimentos das plantas estabelecidas no solo, para a interceptação da água da chuva, e a consequente dispersão da energia cinética das gotas, diminuindo, assim, possíveis efeitos erosivos. A camada de serrapilheira contribui ainda para o armazenamento da água no solo, bem com o aumento das taxas de infiltração e condicionamento dos fluxos superficiais (Oliveira Filho, 1987).

Facelli e Picket (1991), em seu estudo, restringiram o material definido como serrapilheira a todo material vegetal morto de pequeno porte solto no chão, excluindo-se, portanto os troncos e ramos de grande porte. Conforme os autores, para cada estudo a ser realizado, o material compreendido como serrapilheira pode sofrer inclusões ou exclusões de componentes, conforme os objetivos propostos.

A serrapilheira não afeta somente as comunidades vegetais, mas também as comunidades de detritívoros (fungos e microorganismos), parte representados pela a fauna do solo (artrópodes, minhocas) Facelli e Picket (1991) e os vertebrados Facelli e Picket (1991). O acúmulo de serrapilheira proporciona um habitat para os organismos decompositores (detritívoros e fauna do solo), ao produzir um micro clima favoráveis Facelli e Picket (1991), além de servir como alimento para esses. Sendo assim, quaisquer distúrbios na produtividade de serrapilheira podem influenciar nas propriedades químicas e físicas do solo e, conseqüentemente, a dinâmica de todo o sistema florestal.

Em sistemas florestais, a compreensão dos fatores que regulam a decomposição pode assumir importante papel no manejo da fertilidade do solo de plantios florestais, possibilitando a elaboração de técnicas de cultivo que melhorem a utilização de nutrientes contidos nos resíduos vegetais que formam a serrapilheira. A produtividade de serrapilheira é influenciada por diversos fatores: a) clima (temperatura e precipitação); b) fertilidade do solo; c) fenologia das espécies; d)

estádio sucessional da floresta. A queda e acúmulo de serrapilheira é o resultado da interação entre todos esses fatores (SANTOS et al., 2008)..

A composição e as concentrações dos nutrientes nas folhas irão influenciar nas taxas de decomposição, visto que esses nutrientes podem ser utilizados no metabolismo dos decompositores, como o nitrogênio e fósforo, ou podem necessitar de uma grande quantidade de energia para a sua quebra, como a lignina. Sendo assim, dependendo da concentração desses e de outros nutrientes, a decomposição pode ser mais rápida ou mais lenta (SANTOS et al., 2008).

O compartimento formado pela serrapilheira e pelo solo é o sítio de todas as etapas da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes. Mas isto não significa que os diversos fenômenos envolvidos nesse processo ocorram exclusivamente nessa estreita porção do ambiente, pois, assim que um tecido vegetal é formado, já tem início do processo de decomposição (SANTOS E CAMARGO,1999).

O conjunto serrapilheira e solo não só representa somente fonte de carbono e energia para os organismos do solo, mas também o habitat onde todas as ações dos organismos ocorrem, garantindo assim a sua sobrevivência e reprodução. A serrapilheira é a porção mais dinâmica em um sistema florestal e conseqüentemente a mais variável, não só entre ecossistemas, mas também dentro de um mesmo ecossistema (SANTOS E CAMARGO,1999).

Vários fatores afetam a quantidade de resíduos que caem da parte aérea das plantas que irão formar a serrapilheira. Entre eles se destacam o clima, o solo, as características genéticas das plantas, a idade e a densidade das plantas. Em uma escala mais ampla, a produtividade vegetal é determinada pela distribuição de chuvas a qual influencia a disponibilidade de água no solo, e, numa escala mais restrita, pela disponibilidade de nutrientes. Das variáveis climáticas, a precipitação e a temperatura são as que exercem maior influência. Regiões que apresentam alto índice pluviométrico produzem, em geral, maior quantidade de materiais orgânicos que irão formar a serrapilheira, do que aquelas com baixo índice pluviométrico (GONZALEZ E GALLARDO, 1982).

A extração de nutrientes dos solos tropicais é bastante influenciada pelo regime hídrico do solo, devido ao efeito que a água exerce na decomposição da matéria orgânica no transporte de nutrientes para a superfície das raízes. Em geral, a nutrição da planta é melhor em regiões onde a disponibilidade de água é maior e

mais continua, em razão do melhor transporte dos nutrientes do solo por fluxo de massa e, em especial, por difusão (BARROS E NOVAIS, 1996).

Além da precipitação total, a distribuição das chuvas ao longo do ano também influencia a taxa de deposição, verificando-se com freqüência, uma maior taxa de deposição no período seco. No entanto, esse efeito não se pode ter como regra, em outros estudos esse efeito não foi observado. Em avaliações da queda de material formador da serrapilheira, na floresta Amazônica, registraram maiores aportes nos meses de maior precipitação, sendo que no período seco, houve aumento considerável de flores frutos e galhos finos (KLINGE, 1977).

A capacidade de produção de resíduos da parte aérea de cada espécie é outro fator importante. Essa taxa de deposição modifica-se de acordo com a fase de desenvolvimento da planta ou do ecossistema florestal. Supõe-se que ocorram aumentos na produção desse material em função do aumento da idade da floresta, até que atinja a maturidade ou o clímax (GONZALEZ E GALLARDO, 1982).

Em estudos, Caldeira et al. (2007) quantificaram a produção de serrapilheira acumulada e o conteúdo de nutrientes e carbono orgânico em área de Floresta Ombrófila Mista Montana no Paraná. A floresta acumulou em média $7,99 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de serrapilheira e apresentou-se como importante via de transferência de carbono orgânico, micro e macronutrientes para o solo.

Em um estudo cujo objetivo foi quantificar a produção de serrapilheira acumulada e o conteúdo de nutrientes em três estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa em Blumenau, SC, Caldeira et al. (2008) verificou que o estoque médio de serrapilheira acumulada variou de $4,47 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $6,94 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e observou-se que a serrapilheira acumulada esta foi a principal via de transferência de $\text{N} > \text{Ca} > \text{Mg}$ para o solo .

Figueiredo et al. (2003) em estudo da deposição de serrapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná, demonstram que a primavera foi a estação que apresentou a maior deposição de serrapilheira, seguida pelo inverno, verão e outono, com valores médios (kg/ha) de 2.433,31; 2.164,79; 1.799,72 e 1.339,00 respectivamente. A fração folhas constituiu-se no principal componente, respondendo por 57% da serrapilheira total, seguida por galhos com 27% e miscelânea com 16%.

4.2 DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA E CICLAGEM DE NUTRIENTES

Tão importante quanto à captação de diferentes compostos e substâncias pelas plantas e outros organismos, é a forma com que estes são transformados e retornam ao meio, passando a integrar um novo ambiente e sendo novamente transformados sob a ação de fatores abióticos e bióticos. Desta forma ocorrem os ciclos biogeoquímicos, através do qual os elementos circulam continuamente nos ecossistemas, o que contribui para a continuidade dos processos em que estão envolvidos (SANTOS et al., 2008).

A decomposição da serrapilheira, entendida como um processo vital na manutenção de ecossistemas, é influenciada por vários fatores, como: a composição química, o teor de nutrientes, a proporção de lignina, a pluviosidade, a ação de microorganismos, pequenos e grandes animais, precipitação, umidade e temperatura do solo, do ar e da própria serrapilheira (Golley et al. 1978).

A associação da fauna do solo resulta em uma participação nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, assim como a modificação de propriedades químicas e físicas desse compartimento, devido a movimentação desses organismos no perfil do solo (SANTOS et al., 2008).

A decomposição da serrapilheira é regulada pela interação de três grupos de variáveis: as condições físico-químicas do ambiente, as quais são controladas pelo clima e pelas características edáficas do sítio; a composição química do substrato, que determina sua degradabilidade; e a natureza da comunidade decompositora, constituída pelos macro e microrganismos (Heal et al., 1997; Correia et al., 1999). Pode-se afirmar que, de modo geral, o clima controla o processo de decomposição em escala regional, enquanto a composição química domina o processo em escala local (Berg, 2000).

Com a decomposição da camada de serrapilheira, permite que parte do carbono incorporado na biomassa no processo de fotossíntese retorne a atmosfera na forma de CO₂ e os outros elementos absorvidos passem para uma forma novamente utilizável pelas plantas. Esse mecanismo é regulado pela comunidade decompositora, macro e micro fauna do solo, pelas características do material a ser decomposto e pelas condições físicas químicas do ambiente, as quais são

controladas pelo clima e pelas características edáficas do sitio (SANTOS et al., 2008).

O processo de degradação da serrapilheira é contínuo, podendo ter início antes mesmo de o material atingir o solo. Algumas folhas verdes podem abrigar, ainda na própria árvore, microorganismos e insetos que iniciam o processo de decomposição. As folhas também liberam continuamente, de acordo com sua idade e estado fitossanitário, carboidratos, ácidos orgânicos, aminoácidos e, sobretudo, potássio. Com isso pode se considerar como processos de decomposição a lavagem dos compostos hidrossolúveis, a colonização microbiana com o ataque dos microorganismos do solo e por último a transformação húmica e mineral. O processo de decomposição da matéria orgânica é seguido de três etapas que ocorrem simultaneamente; lixiviação (retirada do material solúvel pela ação da chuva), intemperismo (ruptura mecânica dos detritos) e ação biológica (oxidação dos detritos pelos microorganismos) (SANTOS et al., 2008).

O tempo de permanência dos nutrientes estocados na serrapilheira depende da velocidade de decomposição desse material, o qual varia de uma forma mais ampla de acordo com a latitude, a altitude e o tipo de cobertura florestal (Cole, 1981). O menor tempo de permanência da serrapilheira e, conseqüentemente, de seus nutrientes ocorre no ecossistema tropical, enquanto as florestas de coníferas de regiões boreais apresentam maior tempo de permanência da serrapilheira. Em geral, o K é o nutriente de mais rápida liberação da serrapilheira em todos os ecossistemas, por ser um elemento muito móvel nas plantas e, não é um elemento estrutural, é facilmente lixiviado dos tecidos vegetais (COLE, 1981).

A velocidade de degradação dos compostos orgânicos depende basicamente da estrutura de cada um deles juntamente com as condições ambientais adequadas. Dessa forma, a concentração de lignina nos tecidos vegetais tem sido considerada como um dos fatores mais importantes na velocidade de decomposição em ecossistemas terrestres Entry e Backman (1995), o que torna os parâmetros que incluem o teor de lignina bons previsores desse processo dinâmico.

Scheer (2008), a fim de contribuir para o entendimento de processos sucessionais num ambiente aluvial de Floresta Ombrófila Densa, visando seu manejo e restauração, avaliou a decomposição foliar e a liberação de nutrientes durante o processo de decomposição. Foi estimado que para decompor pelo menos a metade do material foliar depositado no solo da capoeira seria necessário um

tempo médio de um ano, a perda de material foi mais elevada no início do processo (primeiros meses) e a taxa de decomposição foi inferior à de outras florestas tropicais, mas semelhante à de outros estudos na floresta atlântica. Houve uma tendência de aumento nos teores dos elementos analisados no material remanescente durante o processo de decomposição, exceto para o Potássio e o C.

Os três indicadores utilizados para medir a decomposição da camada de serrapilheira são: a respiração do solo, o valor K que está relacionado a quantidade de material que cai do dossel e a que está depositada sobre o solo (serrapilheira) e as avaliações diretas, através de medidas da perda de massa em sacos de tela para o estudo da decomposição "litter bags" (ANDERSON E SWIFT, 1984).

Os litter bags tem sido utilizado para avaliações de decomposição de material vegetal, bem como estes são confeccionados a partir de vários materiais como: nylon, poliéster e alguns tecidos especiais. A função principal do litter bag é assegurar que o material colocado dentro dele seja decomposto, proporcionando um clima semelhante ao seu ambiente natural sem que o material presente nele não obtenha perdas por outras formas que não seja pela decomposição, e evite a contaminação por materiais alheios ao em estudo em questão.

Para realização de análise da decomposição da serrapilheira o método utilizado baseia-se em manter sobre a superfície do solo bolsas de náilon de malha fina ou litter bags com determinada quantidade de serrapilheira. Periodicamente faz-se a pesagem do material contido nas bolsas, determinando-se o tempo necessário para sua decomposição (MARTINS, 2001).

Supõe-se que a concentração mineral na serrapilheira seja menor que no material que cai da parte aérea e irá formar a camada orgânica. No entanto na prática isso não pode ser verificado para muitos nutrientes. A alta concentração de alguns elementos na serrapilheira pode ser devido a contaminações pelo solo através da atividade de microrganismos e gotículas de chuva (GOLLEY, 1978).

5. MATERIAL E MÉTODOS

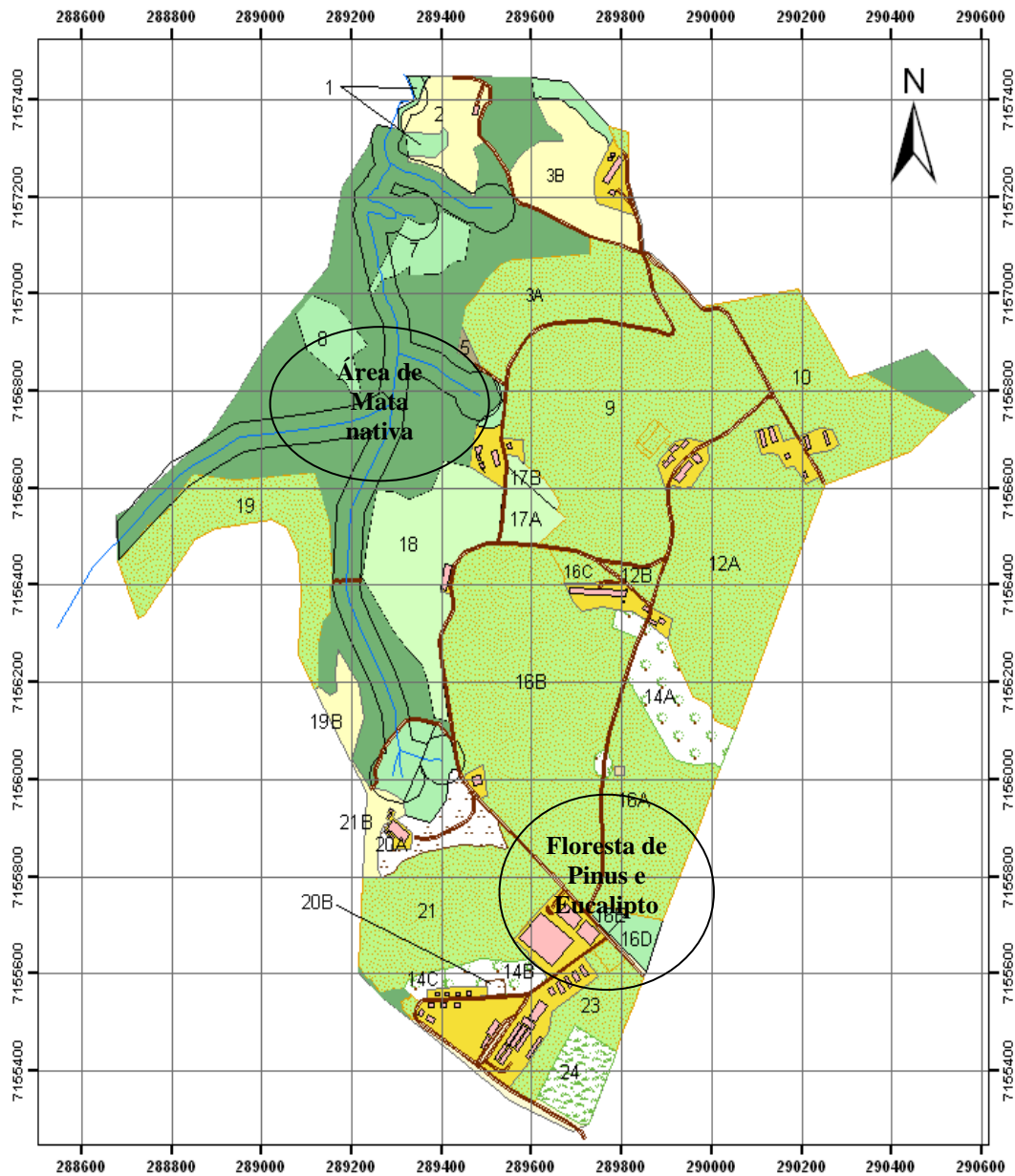
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois vizinhos. O local se encontra na altitude de 520 m, latitude de 25°44" S e longitude de 53°04" O. O clima predominante é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa), segundo a classificação de Köppen. O solo pertence à Unidade de mapeamento NITOSSOLO VERMELHO distroférico, textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia, relevo ondulado.

A área em estudo tem formação florestal predominante de um ecótono entre Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Semidecidual Montana, gerando uma biodiversidade diferenciada classificada pelo Ministério do Meio Ambiente como "Área Prioritária para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira".

O experimento foi implantado na área de Floresta Ombrófila Mista Montana. Há mais de 30 anos, a floresta sob estudo, sofreu exploração pecuária. Pode-se considerar a área como sendo uma formação primária bastante alterada, ou uma formação secundária desenvolvida, visto que possui algumas características estruturais de formações primárias e intervenções antrópicas características de formações secundárias, situada na área de reserva legal do campus da UTFPR-DV, e nas áreas de floresta plantada de pinus e de eucalipto, que está situada próxima a área de cultivo de lavoura do campus.

O estudo se procedeu em Floresta nativa sendo esta com formação de bosque e sub bosque bem formado com uma densidade alta de indivíduos por hectare, na área de floresta árvores ha^{-1} , esta com bosque bem formado e sub-bosque com baixa densidade, na floresta plantada de *Eucaliptos sp.* sua densidade estava próxima de 1.111 árv. ha^{-1} , isto se deve ao fato de ter sofrido alguns desbastes, conta com bosque bem formado e sub-bosque com baixa densidade.



Mapeamento Campus UTFPR - Dois Vizinhos

Tipo Mapeamento : **Levantamento Planimétrico**

Responsável : Mosar Faria Botelho

Escala Gráfica : 0 165 330 660 990 1.320 Metros

Sistema de Projecção: UTM
 Datum: SAD69
 Fuso: 22 s

- Legenda
- Flor_Lagos
 - Estradas
 - Edificios_Biflocoes
 - Unidade_APP
 - Join_UsoSolo
 - Lajer
 - Proposta_Reforestamento
 - Agricultura
 - Arboreto
 - Botânica
 - Fruticultura
 - Rio
 - Lavoura
 - Meleorologia
 - Pastagem
 - LAGO A
 - Preservação
 - Reforestamento
 - Sole
 - Pedimento_Azenha_1-5

Figura 1 - Mapa da área de implantação da pesquisa
 Fonte: UTFPR-DV.

5.2 OBTENÇÃO DOS DADOS

Para a obtenção dos dados de decomposição e liberação de nutrientes foi utilizada a metodologia descrita por Bock & Gilbert (1957), através do uso de litter bags, os quais foram fabricados com tela de sombrite de malha 2 mm. Cada unidade com dimensões de 20 x 20 cm (Figura 2a).

A obtenção do material utilizado na liberação de nutrientes, foi de uma floresta de *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.* de aproximadamente 10 anos de idade e na área de Floresta nativa. O material foi coletado da serrapilheira da superfície, recém-depositada no solo. Após coletado o material foi secado em estufas de circulação forçada de ar na temperatura de 65°C até peso constante. Após a secagem do material, foram pesadas as amostras em laboratório com o auxílio de balança semi-analítica a fim de obter amostras de 20 gr. para cada litter bag.

O experimento foi conduzido no delineamento de inteiramente casualizado, com três repetições, em parcelas subdivididas no tempo. Estas coletas se procederam da seguinte forma; amostra zero, 15 dias, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 e 360 dias, totalizando um ano de coleta, para estas coletas foi avaliado as taxas de decomposição da matéria seca (MS) e de liberação de nutrientes.

Para esse presente trabalho foi instalado 42 litter bag para cada tratamento totalizando 126. Foram realizadas 14 coletas de material em campo, sendo que em cada coleta constava de três repetições. Durante a instalação se procedia retirando a serrapilheira existente e colocando o litter bag em contato com o solo, na instalação dos litter bags foi colocadas bandeiras confeccionadas para demarcar onde estava cada litter bag, pois com a deposição da serrapilheira, corria-se o risco de perder amostras (Figura 2b.).

As amostras coletadas a campo eram levadas ao laboratório de solos, onde se fazia a abertura dos litter bags e retiradas às amostras com cuidado para evitar perdas de material e retirar possíveis impurezas como terra e outros materiais que por ventura se encontravam nas amostras. Depois de retirado o material depositava-se este em um saco de papel do tipo Kraftt, após levava para a secagem nas estufas de circulação forçada, quando secas se trazia as amostras ao laboratório para a pesagem em balança semi-analítica.

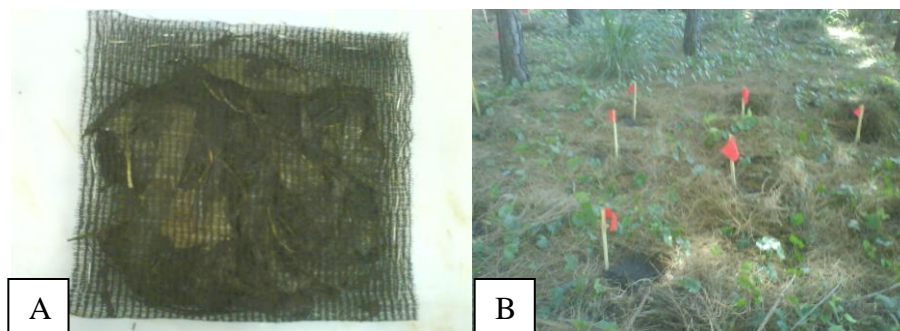


Figura 2 - (a) Demonstração do Litter bag. (b) Forma de implantação do experimento com o auxílio de bandeiras para demarcação.

Fonte: Autor.

5.3 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA

A avaliação da taxa de decomposição da serrapilheira, 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. Foi realizado coleta da serrapilheira, para se ter estimativas da quantidade de serrapilheira presente em cada tratamento, os resultados encontrados para o *Pinus sp*, 14.888 kg ha⁻¹, *Eucalyptus sp*. 6.728 kg ha⁻¹ e Floresta Nativa 8.345 kg ha⁻¹, foram coletadas por meio de amostragem com auxílio de amostrador, com dimensões de 0,50 x 0,50 m, onde que para cada tratamento coletou 4 amostras.

As taxas de decomposição da matéria seca (MS) e de liberação de nutrientes (N, P, K e C) da massa seca residual da serrapilheira foram estimadas pelo programa estatístico SIGMAPLOT ajustando-se modelos de regressão não linear aos valores observados conforme proposto por Wieder e Lang (1982). Os dois modelos ajustados têm a seguinte equação matemática:

$$\text{MSR e NR} = A e^{-kat} + (100-A) \text{ Equação 1}$$

$$\text{MR e NR} = A e^{-kat} + (100-A) e^{-kbt} \text{ Equação 2}$$

Em que a Matéria Seca Remanescente (MSR) e os Nutrientes Remanescentes (NR) são a porcentagem de MS remanescente e os NR no tempo t (dias); ka e kb = taxas constantes de decomposição da MS e de liberação de

nutrientes do compartimento mais facilmente decomponível (A) e do compartimento mais recalcitrante (100-A), respectivamente.

O coeficiente desse modelo exponencial, bem como as curvas que caracterizam a perda de peso (decomposição) de cada resíduo foi produzido com o auxílio do programa SIGMAPLOT 8.0. O tempo de meia-vida ($t^{1/2}$) desse resíduo foi calculado conforme Rezende et al. (1999) por meio da equação:

$$t^{1/2} = \ln(2) / k \text{ Equação 3}$$

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

5.4 COLETA DA DEPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA

Para produção da serapilheira foi utilizado o método descrito por Toledo (2003). Nos mesmos períodos foram coletados dados de produção de serapilheira através de sacos de coletas (Figura 3), que confeccionados com um anel de arame com diâmetro de 41 cm e com área de 0,132 m², este foi fixado um saco de ráfia e implantado o anel com o saco em um tripé de ferro. Os coletores foram instalados nos mesmos períodos da instalação dos litter bags, e as coletas foram realizadas mensalmente até o que fosse transcorrido um ano, quando foi feita a última coleta. Após cada coleta, a serapilheira foi submetida à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante. Após a secagem, o material foi pesado em balança de precisão para a avaliação da serapilheira total. A quantidade da serapilheira produzida foi estimada com a seguinte expressão, proposta por Lopes et al. (2002):

$$PS = (\sum PM \times 10.000) / Ac \text{ Equação 4}$$

Em que: PS = Produção de serapilheira (kg ha⁻¹ ano⁻¹); PM = Produção mensal de serapilheira (kg ha⁻¹ mês⁻¹); Ac = Área do coletor (0,132 m²) .



Figura 3 - Coletor de serrapilheira.
Fonte: Autor

5.5 DADOS CLIMÁTICOS

Os dados meteorológicos foram coletados pela estação meteorológica da UTFPR-DV, que esta situada dentro do campus, estes dados foram tabulados e calculados quanto a media mensal da sua temperatura e precipitação durante o período, estes dados estão dispostos na Figura 3.

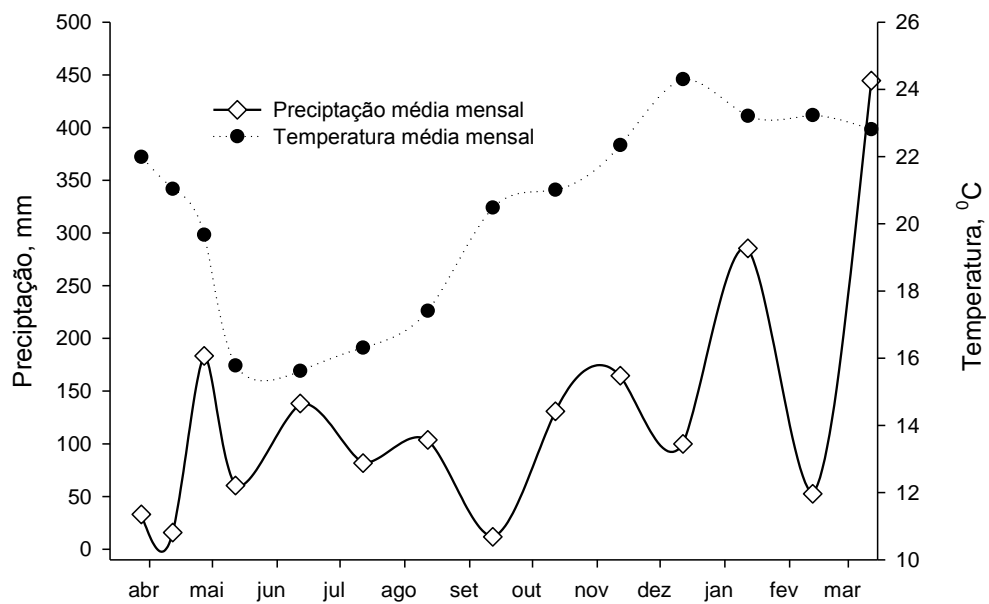


Figura 4 - Dados de precipitação e temperatura media mensal.
Fonte: Simepar (2012/2013).

5.6 METODOLOGIA PARA ANALISE DE AMOSTRAS VEGETAIS

A preparação da amostra para análise de tecido de plantas é feita simplesmente pela secagem em estufa com circulação forçada de ar quente, estes permaneceram em estufa por 72 horas (o que garantia peso constante) na temperatura de 65°C, pesados em balança digital com precisão 0,001g. A trituração das amostras foi realizada em moinho de facas de aço inox, esse material passou por peneira de malha de 1 mm de diâmetro.

Para as análises de N no tecido vegetal foi utilizado a metodologia descrita por TEDESCO et al. 1995. Através da metodologia de digestão por H₂O₂ e H₂SO₄ com mistura digestora, onde se foi pesado 0,2g de tecido vegetal, este foi depositado em tubo de ensaio de 125 cm³, adicionou 1 ml de peróxido de hidrogênio, 2 ml de ácido sulfúrico concentrado e 0,7g de uma mistura digestora obtida da mistura de sulfato de cobre e sulfato de sódio, após levou as amostras para o bloco digestor e se obteve o extrato para determinação do teor de N, a determinação se deu através da destilação do extrato no destilador de arraste semi-micro Kjeldahl.

Para a obtenção do extrato para determinação dos teores de Fósforo (P) e Potássio (K), foi realizada através da metodologia descrita pela EMBRAPA 2000, onde se procedeu a Solubilização nítrico perclórica. As amostras são solubilizadas com ácidos nítrico (65%) e perclórico (70%). Este método é realizado para determinação dos elementos P e K.

Ainda, para avaliação da concentração de P e K, após a digestão retirou-se os extratos e armazenou-se em frascos, para determinação dos teores. A determinação do K foi através de Fotômetro de chama onde se retirou uma alíquota de 1 ml e diluiu em 10 ml de água destilada, após realizou a leitura. Para P retirou-se uma alíquota de 1ml e foi determinado por fotolorimetria.

A determinação do C foi realizada através de método adaptado de Walkley-Black para tecido vegetal, onde o material é oxidado por íons Cr₂O₇²⁻ em meio ácido, sendo a reação acelerada pelo aquecimento gerado na adição de ácido sulfúrico concentrado. O excesso de Cr₂O₇²⁻ que não atuou como oxidante foi titulado com FeSO₄, para a quantificação do C na amostra.

Com base no modelo ajustado para a quantidade remanescente de MS em cada tratamento e através da análise de nutrientes do tecido, foi estimada a liberação acumulativa destes, durante o período de avaliação, multiplicando-se a porcentagem de liberação do nutriente em cada coleta, obtida mediante o modelo, pelas quantidades iniciais de nutrientes (kg ha^{-1}) adicionadas inicialmente nas bolsas de decomposição.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 DEPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA

A quantidade de serrapilheira depositada sobre o solo nos diferentes tratamentos, variou de acordo com o período do ano, com a precipitação e a temperatura média mensal, sendo que a deposição para pinus, eucalipto e a Floresta nativa os picos de deposição da serrapilheira não coincidiram em mesmos períodos.

Na Figura 5, pode se observar a influência climática, temperatura e precipitação, na produção de serrapilheira. Observando a Figura 5a, para a deposição de serrapilheira de pinus em relação a precipitação média mensal, se obteve relação direta entre a precipitação e a deposição de serrapilheira sendo que, quando ocorre precipitação, tem-se um aumento da deposição da serrapilheira. Isso se deve pelo tipo de serrapilheira que o pinus produz, se trata de acículas e estas não sofrem tanta perda de água por evapotranspiração, nesse sentido, o déficit hídrico não influenciou na queda de sua serrapilheira. Quando se tem precipitação, a abscisão das acículas, que estão aderidas aos galhos e a outras acículas, se desprendem com o auxílio da chuva, assim ocorre a queda da mesma caracterizando um aumento da sua deposição.

Quando comparado a deposição de serrapilheira do pinus com a temperatura média mensal (Figura 5b), se percebeu que a temperatura tem alguma influência na queda de suas acículas, mas se analisando os picos de deposição da serrapilheira pode se notar que ocorre maior influência pela estação do ano. Nos meses de dezembro a fevereiro obteve-se maior acúmulo de serrapilheira, atingindo valores de até 1.718 kg ha^{-1} no mês de dezembro. Segundo Vargas (2011), em trabalho com acúmulo de serrapilheira de pinus, os meses de maior deposição se concentrou nos meses de janeiro a maio, onde atingiu valores de 1.400 kg ha^{-1} .

Observando a Figura 5c, para a deposição de serrapilheira de eucalipto, pode se perceber que para esta espécie, a precipitação exerce uma certa influência na queda de suas folhas sendo que para os períodos de menor precipitação se tem um aumento na deposição de serrapilheira, a sua deposição tem influência do período do ano, sendo que para os meses de setembro a janeiro se obteve os maiores picos de queda de serrapilheira. Na Figura 5d, comparando a deposição com a

temperatura média mensal, pode se dizer que ela exerce influência na deposição de serrapilheira, pois quando se tem queda na temperatura se observou uma redução na deposição de serrapilheira e um aumento na deposição quando a temperatura se eleva.

Quando avaliada a deposição de serrapilheira para a floresta nativa (Figura 5e) e (Figura 5f), se notou que para este tipo de vegetação a precipitação e a temperatura média mensal, não exercem tanta influência na deposição, quanto a estação do ano, onde o pico de deposição se concentrou nos meses de agosto a outubro.

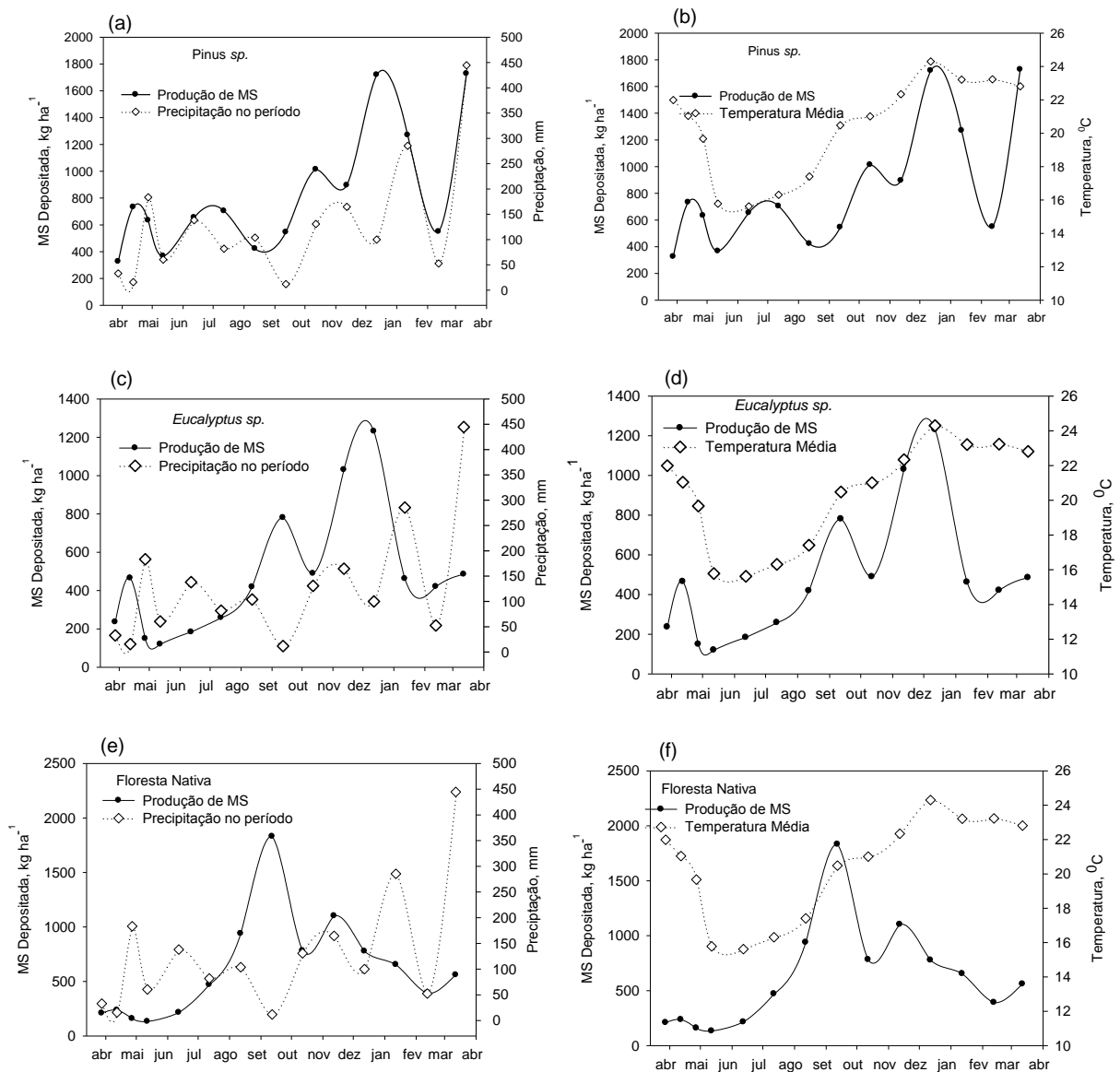


Figura 5 - Comportamento da produção de serrapilheira em função da precipitação pluviométrica e a temperatura média no período de Abril de 2012 a março de 2013

Analisando a Figura 5, pode-se perceber que para o *Pinus sp.* a serrapilheira depositada tem picos de deposição periódicos, sendo que o mesmo tem se observado influência climática na queda de suas acículas, onde a curva de produção de serrapilheira acompanha a curva de precipitação. Já para o *Eucaliptus sp.* a serrapilheira depositada no período teve dois picos de deposição, um no mês de setembro e outro nos meses de novembro a dezembro, sendo que estes picos de deposição da serrapilheira tenha sofrido influência das condições climáticas que nestes período foi menor que as médias dos meses anteriores. Quanto a Floresta nativa se observou que esta sofre uma forte influência do fator estacional, onde a queda de suas folhas se acentua nos meses de agosto e setembro, e nos períodos antecedentes e posteriormente a esse, os valores são pouco influenciados pelas condições climáticas.

Segundo Menezes et.al (2010), em um estudo sobre o aporte de serrapilheira em floresta nativa, às altas produções de serapilheira, nos meses mais quentes e chuvosos, é mais acentuada do que no 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, tenha influência no aumento da queda, por ação mecânica, especialmente da fração foliar da serrapilheira.

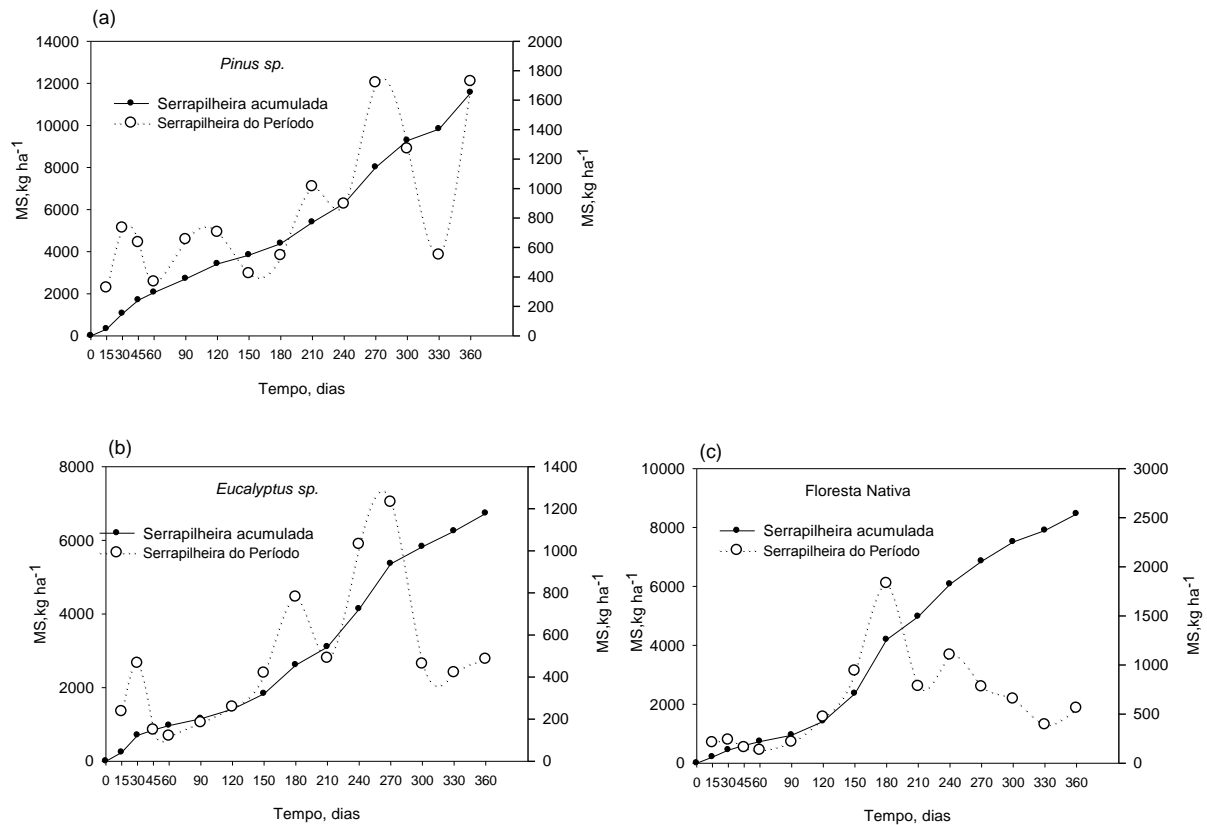


Figura 6 - Biomassa de serrapilheira acumulada e produção de serrapilheira em cada mês.

Observando a Figura 7, onde esta demonstra um comparativo da deposição da matéria seca (MS), foi realizada a comparação das curvas de deposição de serrapilheira entre os tratamentos.

Na Figura 7a, a comparação da curva da deposição de serrapilheira entre o *Eucalyptus sp* e a Floresta Nativa pode se perceber que os dois tipos de cobertura vegetal seguem um mesmo padrão de deposição da serrapilheira, onde as curvas tem um padrão de conformidade semelhante, o pico maior de produção de serrapilheira da Floresta Nativa antecede ao pico de produção do *Eucalyptus sp*.,. Nos dois tratamentos tem dois picos de deposição seguidos, o da floresta nativa o seu pico maior vem primeiro e seguido de um pico menor. E quanto o *Eucalyptus sp*. este evento é o inverso.

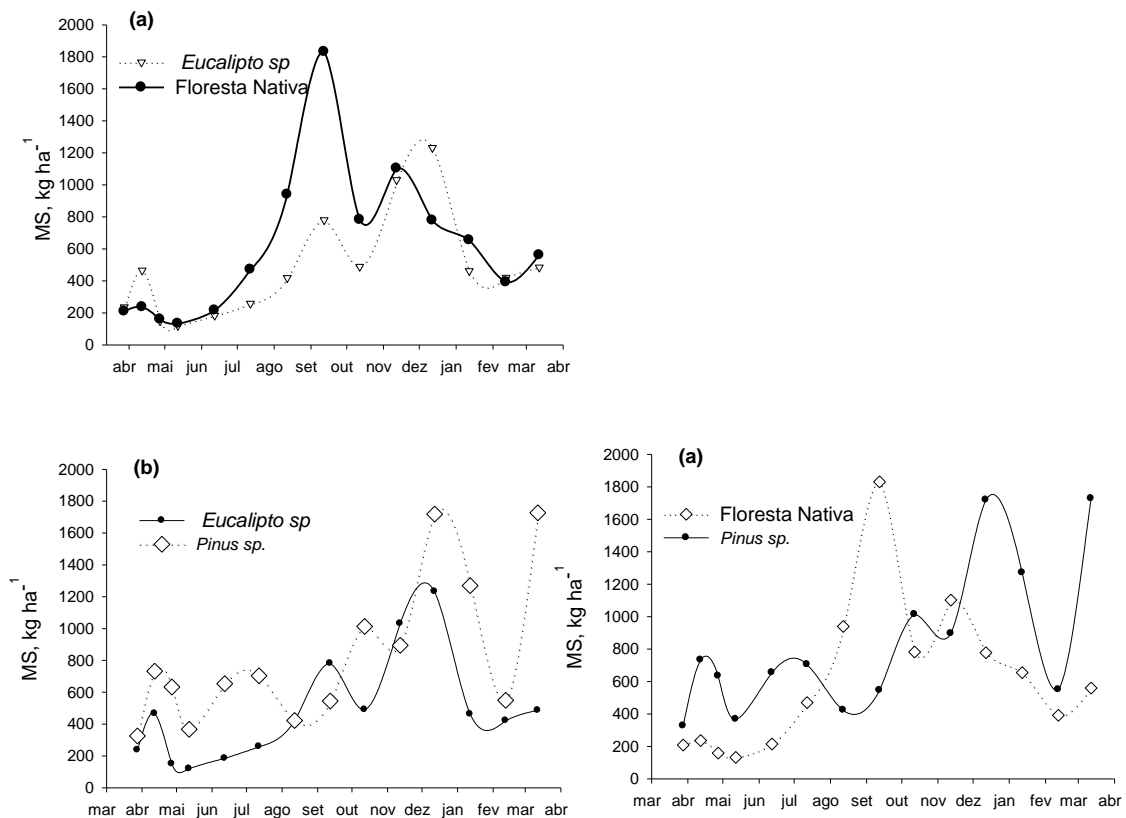


Figura 7 - Comparação da produção de serrapilheira em kg⁻¹ ha MS entre os tratamentos, *Eucalyptus sp* x Floresta Nativa, *Eucalyptus sp* x *Pinus sp* e Floresta Nativa x *Pinus sp*.

Quando comparados os tratamentos de *Pinus sp* e *Eucalyptus sp* (Figura 7b), podemos dizer que estes tem os seus picos de deposição de serrapilheira concentrados nos meses de novembro e janeiro.

Comparando os tratamentos *Pinus sp* e Floresta Nativa a semelhança nas curvas de produção são poucas, e os picos de produção entre as duas se concentra em períodos diferentes, onde para a Floresta nativa este ocorre no mês de setembro, já para o *Pinus sp* ocorre no mês de janeiro, para o ano avaliado na região onde se encontrava a pesquisa.

Observando a Tabela 1, quanto ao levantamento do acúmulo de matéria seca sobre o solo das florestas estudadas, tem-se estimativas de quanto de serrapilheira estava sendo acumulada em cada mês do ano no período de coleta, e pode se estimar o quanto de cada macronutriente estava sendo depositado via serrapilheira, para futura liberação e ciclagem dos mesmos.

Para *Eucalyptus sp*, o mês que teve a maior deposição de serrapilheira foi no mês de novembro, com 1.231 kg ha⁻¹, seguido pelo mês de outubro com acúmulo

de $1.030 \text{ kg}^{-1}\text{ha}$. Sendo que os maiores valores de N, P, K, Ca, Mg e C, esses valores também foram maiores devido de serem diretamente influenciados pela taxa de deposição de serrapilheira. Onde pode se avaliar que para o N, no mês de novembro foi constatada uma deposição de $28,69 \text{ kg ha}^{-1}$, P $1,34 \text{ kg ha}^{-1}$, K $10,71 \text{ kg ha}^{-1}$, Ca $16,81 \text{ kg ha}^{-1}$, Mg $7,76 \text{ kg ha}^{-1}$ e C $573,73 \text{ kg ha}^{-1}$ esses valores para os nutrientes presentes na serrapilheira. No entanto serão decompostos no decorrer do tempo, onde alguns serão rapidamente lixiviado do tecido vegetal, e disponibilizado no solo para as culturas instaladas utilizarem, um exemplo de nutriente que rapidamente retorna ao solo é o Potássio. No entanto existem outros nutrientes que são mais recalcitrantes do tecido permanecendo por um período maior.

Para o tratamento com *Pinus sp*, as taxas de deposição de serrapilheira foram mais elevadas nos meses de fevereiro e novembro com produção de 1.726 kg ha^{-1} e 1.718 kg ha^{-1} de MS, sendo que a produção anual $11.358 \text{ kg ha}^{-1}$ de MS, estes valores podem ser percebidos observando a cobertura do solo nesses cultivos florestais proporcionando boa proteção do solo contra erosão e impactos das chuvas torrenciais. Os teores de nutrientes nos mesmos meses foram os maiores valores encontrados sendo que para o pinus, a quantidade depositada para o nitrogênio durante o ano foi a maior com $163,43 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, e Carbono com 5.587 kg ha^{-1} ano⁻¹, com isso podemos considerar o pinus como uma cultura que tem uma grande capacidade de seqüestrar o carbono atmosférico e depositar na sua serrapilheira.

Na floresta nativa a deposição de serrapilheira se concentrou nos meses de agosto, setembro e outubro, com valores variando de 1.500 kg ha^{-1} a 1.100 kg ha^{-1} de MS, e sua produção anual alcançou valores de 8.138 kg ha^{-1} ano⁻¹. Longhi (2009) em estudo sobre deposição de serrapilheira em Floresta Nativa obteve valores semelhantes de produção de serrapilheira entre $8.354,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ano⁻¹ para o grupo florístico denominado Floresta Ombrófila Mista típica, $7.927,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ano⁻¹ para floresta secundária e $7.017,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ano⁻¹ na floresta de locais úmidos. Esses valores estão próximos aos encontrados por Floss et al. (1999), que ao estudar a deposição de serrapilheira em duas áreas com Floresta Ombrófila Mista no Paraná, observaram uma produção de 8.348 kg ha^{-1} ano⁻¹ para o tipo florestal com predomínio de Araucária angustifolia e de 7.335 kg ha^{-1} ano⁻¹ para o tipo florestal onde predominam espécies de folhosas. Outros autores, Brites et al. (1992) e Figueiredo Filho et al. (2003), observaram em floresta ombrófila mista a produção anual de $6.526,7 \text{ kg ha}^{-1}$ e $7.736,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de serrapilheira, respectivamente.

A floresta nativa obteve os maiores valores nas quantidades de P, K, Ca e Mg, com média anual, respectivamente de $P = 9,64 \text{ kg ha}^{-1}$, $K = 72,43 \text{ kg ha}^{-1}$, $Ca = 136,51 \text{ kg ha}^{-1}$ e $Mg = 64,16 \text{ kg ha}^{-1}$, apesar de não ter obtido a maior produção de serrapilheira dentre os tratamentos. Isto comprova os altos valores de nutrientes na serrapilheira, que tem grande capacidade de extração de nutrientes de seu ambiente que ela esta adaptada.

Os valores de macronutrientes encontrados na Floresta nativa foram superiores aos encontrados por Longhi (2009), em estudo sobre a deposição de serrapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista, o autor obteve valores na média anual do retorno estimado de nutrientes ao solo sob a floresta, em kg.ha^{-1} , na quantidade de: $N = 120,9$; $P = 5,9$; $K = 36,6$; $Ca = 107,4$ e $Mg = 19,0$. Os valores de N e Ca estão bem acima dos encontrados por Brites et al. (1992), em uma floresta de araucária no Paraná, onde observaram as seguintes quantidades de macronutrientes: $89,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de N; $5,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de P, $32,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de K, $62,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca e $15,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg.

Na Tabela 1, pode se observa que o potássio e o magnésio são os nutrientes que apresentaram maiores variações temporais em suas concentrações na serrapilheira. Já as variações mensais dos conteúdos de N, P e Ca são relativamente pequenas. Os meses com maior concentração de potássio na serrapilheira foram aqueles em que a precipitação pluviométrica é mais baixa, sendo as menores concentrações encontradas nos períodos de maior precipitação.

Tabela 1 - Quantidade de biomassa depositada a cada mês do ano e teores de Nitrogênio(N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Carbono (C), depositado sobre o solo através da serrapilheira, em áreas de *Eucaliptus sp*, *Pinus sp*, e Floresta nativa, no período de março de 2012 a fevereiro de 2013.

Mês	Tratamento	M.S.	N	P	K	Ca	Mg	C
kg ⁻¹ ha								
Mar	<i>Eucaliptus sp.</i>	701,01	16,33	0,76	6,10	9,57	4,42	326,63
	<i>Pinus sp.</i>	1057,83	15,22	0,86	2,93	7,91	5,61	520,34
	F. Nativa	444,19	7,98	0,53	3,95	7,45	3,50	200,73
Abr	<i>Eucaliptus sp.</i>	268,44	6,25	0,29	2,34	3,67	1,69	125,08
	<i>Pinus sp.</i>	1000,01	14,39	0,82	2,77	7,48	5,30	491,90
	F. Nativa	291,16	5,23	0,34	2,59	4,88	2,30	131,58
Mai	<i>Eucaliptus sp.</i>	183,33	4,27	0,20	1,59	2,50	1,16	85,42
	<i>Pinus sp.</i>	653,79	9,41	0,53	1,81	4,89	3,47	321,60
	F. Nativa	214,65	3,86	0,25	1,91	3,60	1,69	97,00
Jun	<i>Eucaliptus sp.</i>	146,21	3,41	0,16	1,27	2,00	0,92	68,13
	<i>Pinus sp.</i>	508,34	7,31	0,42	1,41	3,80	2,70	250,05
	F. Nativa	152,27	2,74	0,18	1,36	2,55	1,20	68,81
Jul	<i>Eucaliptus sp.</i>	418,69	9,76	0,45	3,64	5,72	2,64	195,09
	<i>Pinus sp.</i>	422,22	6,08	0,35	1,17	3,16	2,24	207,69
	F. Nativa	938,89	16,88	1,11	8,36	15,75	7,40	424,29
Ago	<i>Eucaliptus sp.</i>	740,66	17,26	0,80	6,44	10,11	4,67	345,11
	<i>Pinus sp.</i>	517,68	7,45	0,42	1,43	3,87	2,75	254,64
	F. Nativa	1501,02	26,98	1,78	13,36	25,18	11,83	678,31
Set	<i>Eucaliptus sp.</i>	529,04	12,33	0,57	4,60	7,22	3,33	246,50
	<i>Pinus sp.</i>	1040,16	14,97	0,85	2,88	7,78	5,52	511,65
	F. Nativa	1111,62	19,98	1,32	9,89	18,65	8,76	502,34
Out	<i>Eucaliptus sp.</i>	1030,56	24,01	1,12	8,97	14,07	6,49	480,18
	<i>Pinus sp.</i>	894,70	12,87	0,73	2,48	6,69	4,74	440,10
	F. Nativa	1101,77	19,81	1,31	9,81	18,48	8,69	497,89
Nov	<i>Eucaliptus sp.</i>	1231,32	28,69	1,34	10,71	16,81	7,76	573,73
	<i>Pinus sp.</i>	1718,44	24,73	1,40	4,76	12,85	9,11	845,30
	F. Nativa	777,28	13,97	0,92	6,92	13,04	6,13	351,25
Dez	<i>Eucaliptus sp.</i>	461,87	10,76	0,50	4,02	6,31	2,91	215,21
	<i>Pinus sp.</i>	1269,70	18,27	1,04	3,52	9,50	6,73	624,56
	F. Nativa	654,30	11,76	0,78	5,82	10,97	5,16	295,68
Jan	<i>Eucaliptus sp.</i>	420,71	9,80	0,46	3,66	5,75	2,65	196,03
	<i>Pinus sp.</i>	548,99	7,90	0,45	1,52	4,11	2,91	270,05
	F. Nativa	391,67	7,04	0,46	3,49	6,57	3,09	177,00
Fev	<i>Eucaliptus sp.</i>	484,85	11,30	0,53	4,22	6,62	3,06	225,91
	<i>Pinus sp.</i>	1726,78	24,85	1,41	4,78	12,92	9,16	849,40
	F. Nativa	559,85	10,06	0,66	4,98	9,39	4,41	253,00
Total	<i>Eucaliptus sp.</i>	6616,70	154,17	7,17	57,56	90,36	41,69	3083,02
	<i>Pinus sp.</i>	11358,65	163,43	9,29	31,46	84,96	60,24	5587,28
	F. Nativa	8138,68	146,30	9,64	72,43	136,51	64,16	3677,88

6.2 DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA

O acompanhamento da decomposição dos resíduos vegetais e liberação de nutrientes foram realizados para as espécies de *Pinus sp.*, *Eucalyptus sp.* e Floresta

Nativa. As porcentagens de matéria seca remanescente (MS), das espécies arbóreas utilizadas, ao longo de 360 dias encontram-se na Figura 8 .

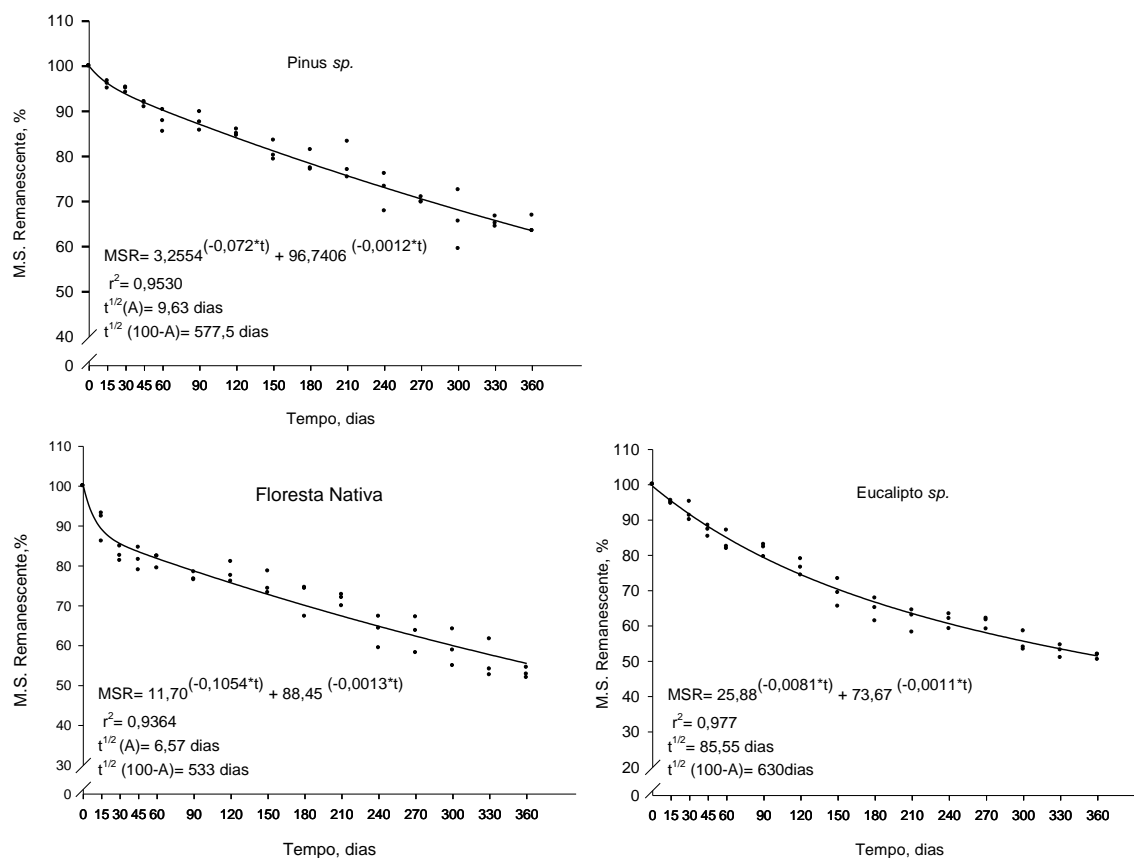


Figura 8 - Porcentagem de matéria seca remanescente de resíduo de diferentes tipos de serrapilheira, *Pinus sp.*, *Eucalyptus sp.* e Floresta Nativa, dentro dos Tempos de avaliação. UTFPR, Campus Dois Vizinhos 2013.

Quando avaliados as quantidades de MS remanescente nos litter bags, se comprovou que para a espécie *Pinus sp.* o comportamento para a decomposição da serrapilheira foi mais lento que os demais tratamentos. Para este, o tempo de meia vida para a fração mais facilmente decomponível foi de aproximadamente 10 dias, e a fração mais recalcitrante ficou em 577 dias para ser decomposta 50% da matéria seca inicial. Já para os valores da Floresta Nativa e do *Eucalyptus sp.* Observou-se comportamento semelhante na taxa de decomposição da MS, onde para a Floresta Nativa a equação explica que na fração mais facilmente decomponível o tempo de meia vida fica próximo dos 7 dias, já para o *Eucalyptus sp.* ficou próximo dos 70 dias, e quanto a fração mais recalcitrante da serrapilheira o tempo de meia vida foi o mesmo para as duas espécies, sendo este com 533 dias para decomposição de 50%.

Normalmente em torno dos 15 dias ocorre a maior perda de compostos solúveis, mais lábeis e de fácil decomposição (LUPWAYI et al., 2004; MATOS, 2005). Depois deste período a decomposição é mais lenta, pois, inicialmente há uma quantidade maior de materiais facilmente decomponíveis como açúcares, aminoácidos e proteínas, e à medida que o processo avança, há o predomínio dos materiais recalcitrantes como lignina, polifenóis e celulose (LUPWAYI et al., 2004, MATOS, 2005).

Para a *Pinus sp* o período que obteve a maior decomposição da matéria seca foi aos 240 dias após a incubação dos litter bags a campo. Já para o *Eucalyptus sp* a maior perda de MS foi aos 150 dias. Quanto a Floresta nativa a maior perda da matéria seca foi nos primeiros 15 dias (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios de MS decomposta para os tratamentos com *Pinus sp*, *Eucalyptus sp* e Floresta Nativa no município de Dois Vizinhos Paraná.

Tempo	Eucalyptus			C.V.			
	Pinus sp	sp	F. Nativa				
	kg ha ⁻¹			%			
15	582,54	b	402,80	b	1271,42	a	14,20
30	162,22	a	140,41	a	96,93	b	11,09
45	462,60	b	647,00	a	110,90	c	3,47
60	541,81	a	123,61	b	26,27	c	2,51
90	27,19	c	120,23	a	80,13	b	4,63
120	363,68	a	28,42	b	28,10	b	3,52
150	605,96	b	1384,32	a	659,29	b	11,07
180	345,66	a	129,45	b	93,11	c	1,56
210	12,59	c	73,14	a	42,00	b	3,37
240	881,87	a	32,39	c	728,29	b	0,96
270	318,51	a	44,12	b	58,54	b	3,19
300	630,66	a	618,52	a	587,87	b	1,68
330	65,31	c	85,61	b	131,77	a	6,66
360	115,69	b	68,00	c	188,57	a	4,3

*Medias seguida por letras iguais nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Na Figura 9, pode se perceber que para os valores de MS acumulado para os três tratamentos, as curvas de decomposição seguem padrões semelhantes, onde que para os períodos que a precipitação é menor a decomposição reduz para todos os tratamentos, podemos dizer que a perda de MS é influenciada diretamente pela disponibilidade de água.

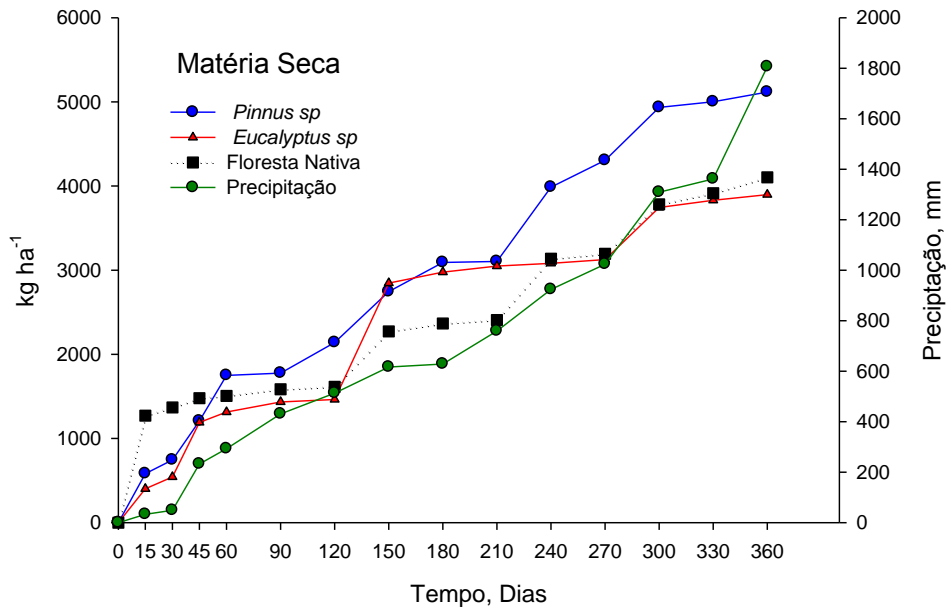


Figura 9 Decomposição acumulada de matéria seca, para *Pinus sp*, *Eucalyptus sp* e Floresta nativa, e precipitação pluviométrica acumulada

Para os valores de N (Figura10), liberados pela decomposição da serrapilheira observar-se que o *Pinus sp*. Libera o nutriente de forma decrescente até os 120 dias após a deposição da serrapilheira sobre o solo, e mantém constante nos períodos seguintes. Para a espécie do *Eucalyptus sp* a liberação no todo é exponencial decrescente, com uma perda de aproximadamente 20% nos seus primeiros 30 dias e posteriormente sua perda é gradativamente liberada nos períodos seguintes. Já para a Floresta nativa a liberação do N pode se perceber que o mesmo é linearmente constante esta perda, no passar dos períodos sendo que com cerca de 180 dias, teve se perda de aproximadamente 50% do N da serrapilheira.

Os teores de N na Figura 11, temos as curvas de liberação acumulada para os três tratamentos e estes seguem padrões de curvas semelhantes, onde os mesmos são influenciados pela precipitação, quando aumenta a disponibilidade de água na serrapilheira as perdas de N aumentam nas mesmas proporções.

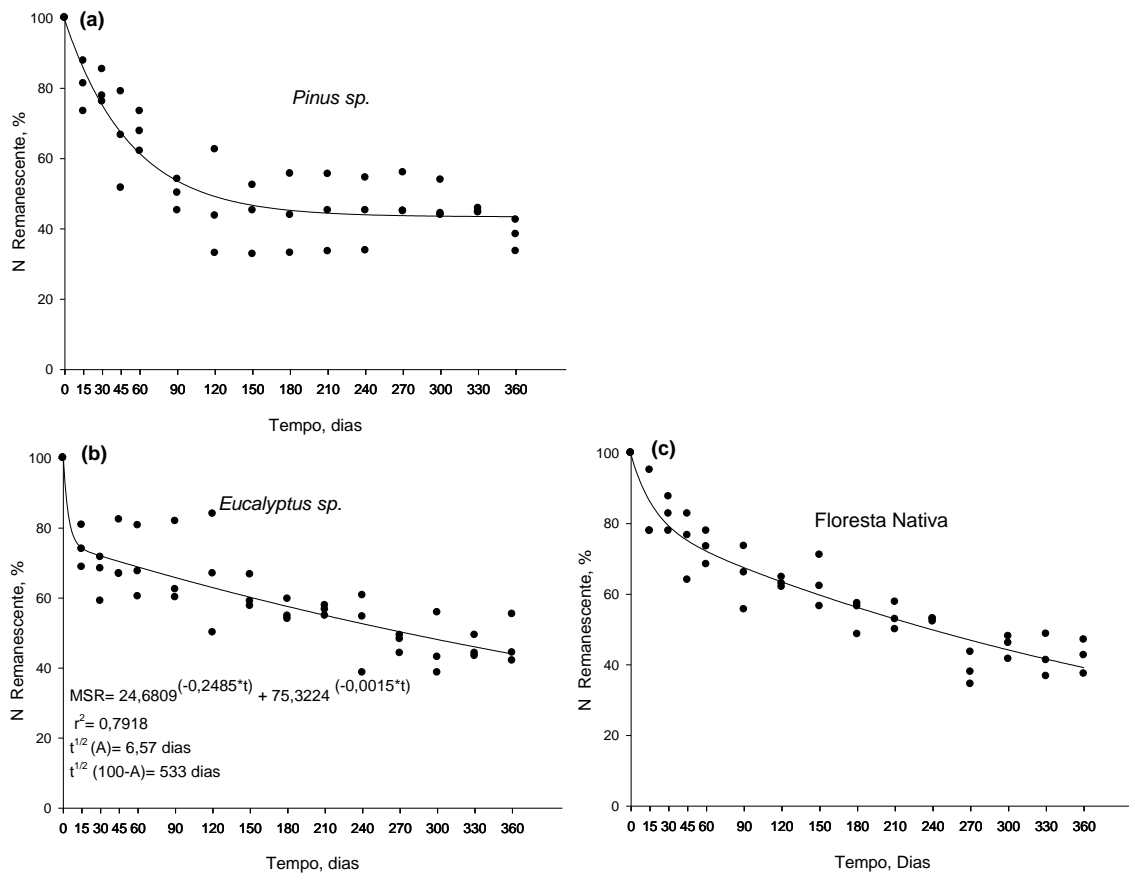


Figura 10 - Nitrogênio remanescente na serrapilheira dos litter bags, para *Pinus sp*, *Eucalyptus sp* e Floresta Nativa.

Tabela 3 - Valores médios de Nitrogênio liberados pela serrapilheira, para os tratamentos com *Pinus sp*, *Eucalyptus sp* e Floresta Nativa no município de Dois Vizinhos Paraná.

Tempo	kg ha ⁻¹			C.V.
	<i>Pinus sp</i>	<i>Eucalyptus sp</i>	F. Nativa	
15	8,39	7,05	21,87	14,80
30	2,03	2,44	1,48	19,25
45	5,72	10,02	1,79	11,56
60	5,53	2,06	0,35	27,27
90	0,28	1,97	1,00	18,63
120	2,8	0,45	0,33	13,45
150	4,36	21,17	8,09	19,91
180	2,33	1,85	1,00	24,42
210	0,09	0,96	0,39	14,79
240	6,12	0,43	7,33	30,92
270	2,19	0,53	0,55	27,83
300	4,71	6,8	4,08	7,14
330	0,48	0,91	1,07	14,84
360	0,81	0,72	1,42	9,62

*Medias seguida por letras iguais nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

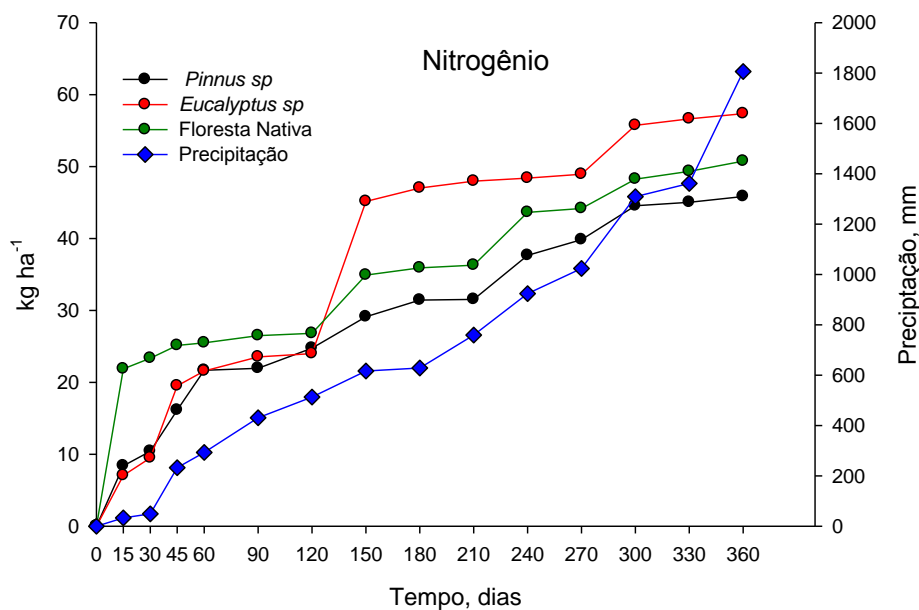


Figura 11 Decomposição acumulada de Nitrogênio, para *Pinus sp*, *Eucalyptus sp* e Floresta nativa, e precipitação pluviométrica acumulada

A decomposição da serrapilheira proporciona liberação de seus nutrientes para o solo, sendo que o P (Figura 12), para a cultura do *Eucalyptus sp*. teve uma alta liberação nos primeiros 60 dias de avaliação, e posteriormente teve redução na velocidade de liberação, mantendo-se uma perda de P mais lenta. Já para a Floresta nativa pode se perceber que a perda de P foi em torno de 20% nos primeiros 15 dias e posteriormente se manteve em uma perda gradativa no passar do tempo. A espécie *Pinus sp*. teve um comportamento na curva semelhante a do eucalipto na liberação do P, nos primeiros 60 dias a sua perda de Fósforo, foi em torno de 40%, dados semelhantes aos do *Eucalyptus sp*.

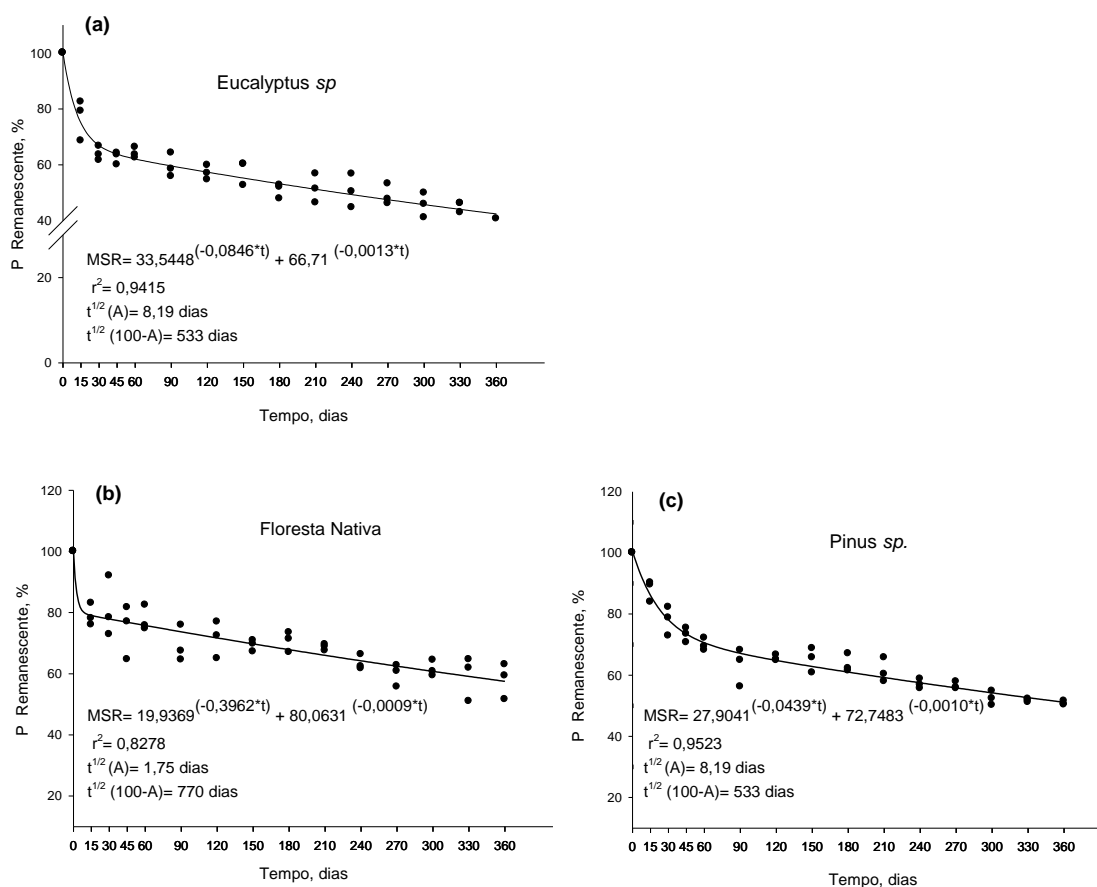


Figura 12 - Fósforo remanescente na serrapilheira dos litter bags, para *Pinus sp*, *Eucalyptus sp* e Floresta Nativa.

Maiores informações quanto a decomposição de P podem ser observadas na Tabela 4, que foi submetida a um teste de médias.

Tabela 4 - Valores médios de Fósforo liberados pela serrapilheira, para os tratamentos com *Pinus sp*, *Eucalyptus sp* e Floresta Nativa no município de Dois Vizinhos Paraná.

Tempo	kg ha ⁻¹			C.V. %			
	<i>Pinus sp</i>	<i>Eucalyptus sp</i>	F. Nativa				
15	0,25	b	0,21	b	0,94	a	20,89
30	0,06	a	0,06	a	0,07	a	28,09
45	0,16	b	0,27	a	0,08	c	6,16
60	0,18	a	0,053	b	0,02	c	6,16
90	0,01	b	0,05	a	0,05	a	8,82
120	0,11	a	0,01	b	0,02	b	6,98
150	0,19	b	0,54	a	0,42	a	7,45
180	0,1	a	0,04	b	0,06	b	4,84
210	0,01	b	0,023	a	0,03	a	18,75
240	0,24	b	0,01	c	0,43	a	5,63
270	0,087	a	0,01	b	0,03	b	9,42
300	0,16	b	0,19	b	0,34	a	7,31
330	0,02	b	0,02	b	0,07	a	10,21
360	0,03	b	0,02	b	0,11	a	17,25

*Medias seguida por letras iguais nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

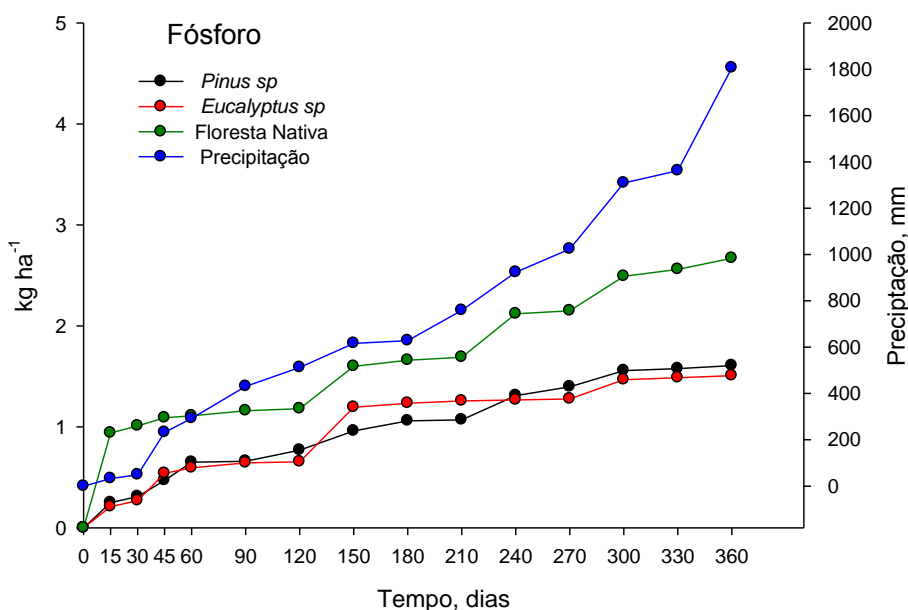


Figura 13 Decomposição acumulada de Fósforo, para *Pinus sp*, *Eucalyptus sp* e Floresta nativa, e precipitação pluviométrica acumulada

Com relação aos teores de K (Figura 14), as curvas de rápida liberação são devido a este nutriente ser facilmente desprendido das células vegetais e liberado ao solo, a chuva contribui muito para essa degradação. Para a espécie *Pinus sp*, podemos notar na figura abaixo que a sua liberação se concentra nos primeiros 60 dias, e sua perda chega a 60%, e posteriormente se mantém constante, pode se perceber que o *Pinus sp*. em relação aos outros tratamentos o teor de K remanescente, nos períodos posterior aos 60 dias, se manteve em níveis mais elevados que as demais espécies estudada. Para a Floresta nativa as perdas de K foram muito agressivas, se concentrado essas perdas nos primeiros 30 dias, restando apenas 10% do K remanescente para posterior decomposição. Efeito semelhante foi possível perceber para o *Eucalyptus sp*. que a liberação do K se concentrou nos primeiros 30 dias, esse efeito de liberação rápida do nutriente ao solo pode ter efeitos positivos para as culturas, pois se esta ciclando rapidamente o K e retornando ao solo para ser disponibilizado a planta, por outro lado esta rápida liberação, pode ocorrer uma maior perda deste nutriente para o sistema, através da lixiviação.

A alta variabilidade dos teores de K na serapilheira, segundo Neves (2000) entre as épocas de avaliação, guarda relação com a variação da precipitação pluviométrica, o que se explica pela sua alta suscetibilidade à lixiviação via lavagem

de folhas e de serrapilheira, que decorrem do fato de o K não participar de compostos orgânicos, ocorrendo na forma solúvel ou adsorvido no suco celular (PAGANO e DURIGAN, 2000). A ciclagem do K na relação solo-planta é mais rápida do que a de outros nutrientes, por se tratar de um cátion monovalente (NEVES, 2000).

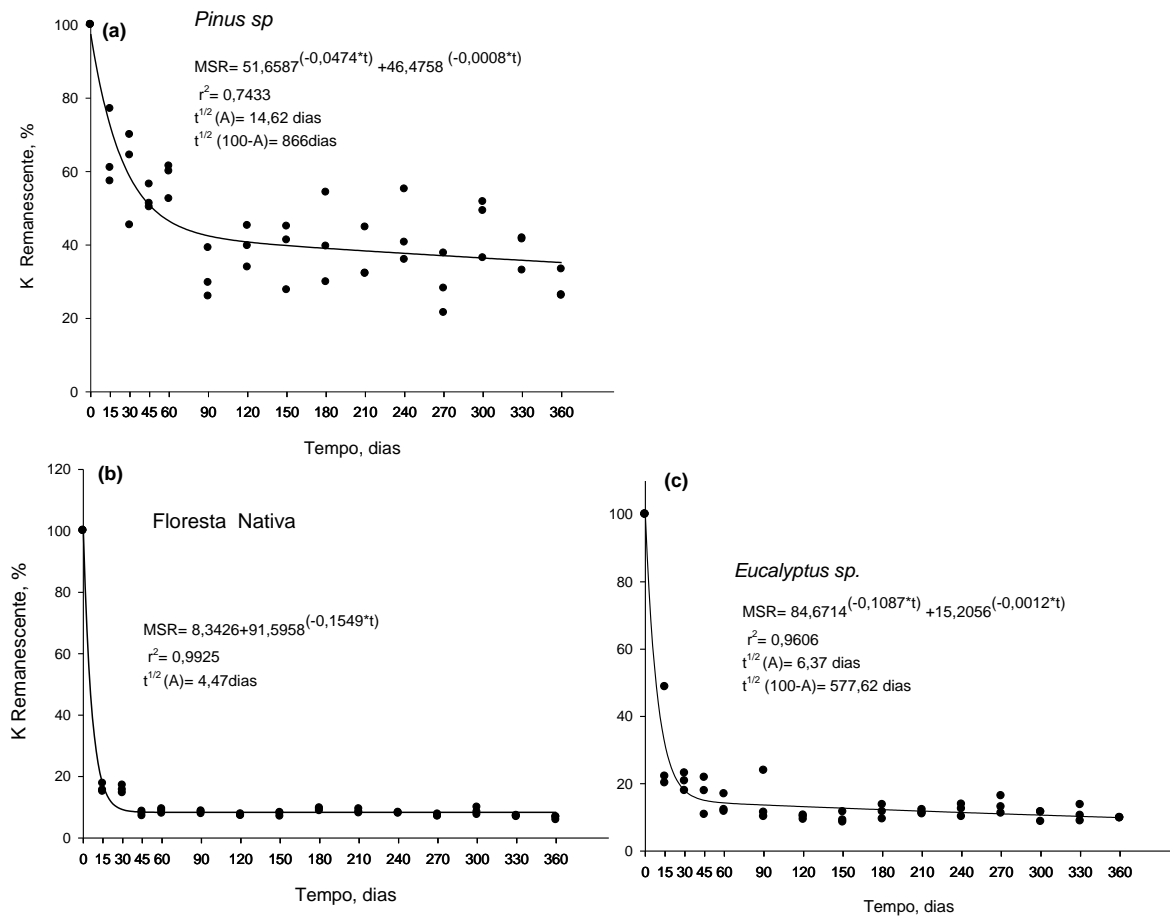


Figura 14 - Potássio remanescente na serrapilheira dos litter bags, para *Pinus sp*, *Eucalyptus sp* e Floresta Nativa.

Observando a Tabela 5 pode-se perceber que para o K os valores médios de liberação do K, se concentrou nos primeiros 60 dias para as três espécies estudadas, onde os valores observados na maioria não teve diferença significativas entre os tratamentos.

Tabela 5 - Valores médios de Potássio liberados pela serrapilheira, para os tratamentos com *Pinus sp*, *Eucalyptus sp* e Floresta Nativa no município de Dois Vizinhos Paraná.

Tempo	<i>Pinus sp</i>		<i>Eucalyptus sp</i>		F. Nativa		C.V. %
	kg ha ⁻¹						
15	1,05	a	1,05	a	1,81	a	25,66
30	0,27	a	0,25	a	0,14	a	6,12
45	0,68	a	0,95	a	0,08	a	32,24
60	0,87	a	0,15	b	0,02	c	15,7
90	0,02	a	0,06	a	0,06	a	54,09
120	0,39	a	0,02	b	0,02	b	16,93
150	0,75	b	1,17	a	0,45	b	35,56
180	0,39	a	0,13	b	0,08	b	37,08
210	0,01	b	0,07	a	0,03	b	14,43
240	1,07	a	0,03	b	0,52	ab	27,04
270	0,26	a	0,05	b	0,04	b	42,78
300	0,80	a	0,57	ab	0,45	b	19,34
330	0,07	a	0,08	a	0,08	a	13,55
360	0,08	ab	0,06	b	0,11	a	6,24

*Medias seguida por letras iguais nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

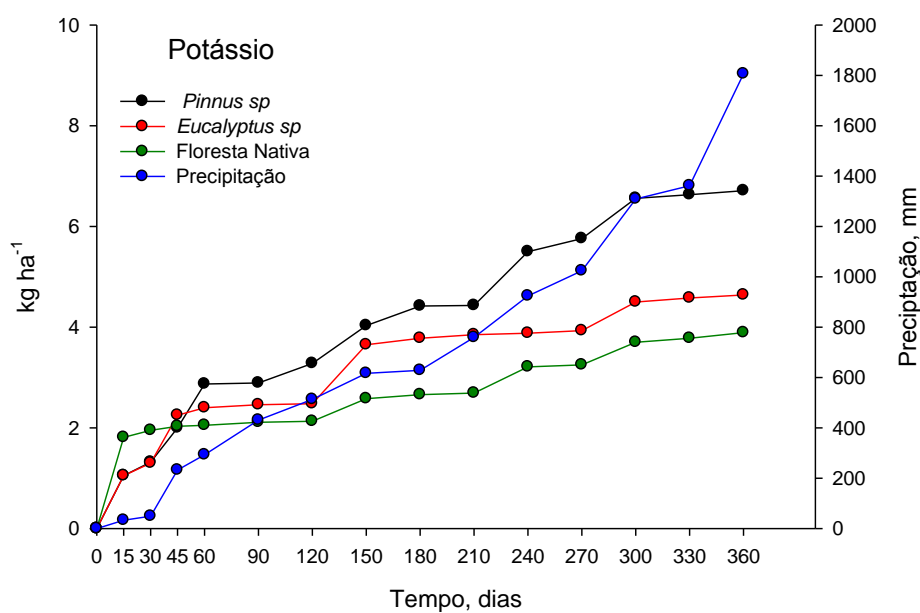


Figura 15 Decomposição acumulada de Potássio, para *Pinus sp*, *Eucalyptus sp* e Floresta nativa, e precipitação pluviométrica acumulada

7. CONCLUSÕES

A quantidade de serrapilheira depositada sobre o solo das diferentes espécies varia de acordo com o período do ano, com a precipitação, temperatura média mensal e entre as espécies.

Na deposição de serrapilheira de eucalipto, a precipitação exerce influência na queda de suas folhas sendo que para os períodos de menor precipitação se teve um aumento na deposição de serrapilheira, a sua deposição tem influência do período do ano, sendo que para os meses de setembro a janeiro se obteve os maiores picos de queda de serrapilheira.

O potássio e o magnésio são os nutrientes que apresentaram maiores variações temporais em suas concentrações na serrapilheira depositada.

O *Pinus sp.* a decomposição da serrapilheira foi mais lento que os demais tratamentos. Já para os valores da Floresta Nativa e do *Eucalyptus sp.* a decomposição da serrapilheira é mais rápida em relação ao pinus, pois a relação C/N é menor.

O potássio foi o nutriente que é facilmente desprendido das células vegetais e liberado ao solo, a chuva contribui muito para essa degradação.

Para a espécie *Pinus sp.*, o K tem comportamento de liberação mais lenta que as demais espécies estudada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, Nairam Felix.; NOVAIS, Rodrigo F. Aspectos da nutrição florestal em solos tropicais. In: **Congresso Latino Americano de ciência do Solo**, 13. Águas de Lindóia, 1996.

BRITEZ, R. M.; REISSMANN, C.B.; SILVA, S. M.; SANTOS FILHO, A. Deposição Estacional de serrapilheira e macronutrientes em uma floresta de Araucária, São Mateus do Sul, Paraná. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 766-772, 1992.

BRUN, Eleandro J. Relação entre a produção de serrapilheira 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.

BUCKERIDGE, Marcos S.; AIDAR, Marcos P. M. Carbon sequestration in the rainforest: alternatives using environmentally friendly biotechnology. **Biota Neotropica**, v.2, n. 1, p. 1-5, 2002.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; MARQUES, Renato; SOARES, Ronaldo Viana; BALBINOT, Rafaelo. Quantificação de serrapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, abr./jun. 2007.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; VITORINO, Marcelo Diniz; SCHAADT, Suélen Schramm; MORAES, Eclair; BALBINOT, Rafaelo. Quantificação de serrapilheira e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, jan./mar. 2008.

CÉSAR, Olair. Produção de serrapilheira na mata mesófila da fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi. SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, n.4, p.678-681, 1991.

ENTRY, James A., BACKMAN CAROLE B. Influence of carbon and nitrogen on cellulose and lignin degradation in forest soils. **Canadian Journal of Forest Research**. p.1231-1236, 1995.

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

FACELLI, J.M. and Pickett, S.T.A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, v.57:1-32, 1991.

FERNANDES, Augusto. & BACKES, Aline. **Produtividade primária em floresta com *Araucária angustifolia* no Rio Grande do Sul**. Iheringia, Ser. Bot., Porto Alegre, v.51, n. 1, p. 63-78, 1998.

FIGUEIREDO Afonso Filho.; MORAES, Gilberto Ferreira; SCHAAF, Luciano Budant; FIGUEIREDO, Décio José de. **Avaliação estacional da deposição de serrapilheira em uma floresta Ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18. 2003.

FLOSS, P. A.; CALDATO, S. L.; BOHNER, J. A. M. Produção e decomposição de serrapilheira na Floresta Ombrófila Mista da reserva florestal da EPAGRI/EMBRAPA de Caçador, SC. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 12, n. 2, p. 19-22, 1999.

FORTES, Fabiano de Oliveira. **Plano amostral para coleta de Serrapilheira na floresta ombrófila mista No estado do rio grande do sul**. Tese de Doutorado em engenharia florestal, Santa Maria-RS, p.15, 2007.

GOLLEY, Frank B. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida. São Paulo: EDUSP, p. 256, 1978.

GONZALEZ, Hernandez I.M.; GALLARDO, Juan F. El efecto hojarasca: una revision. **Anales de edafologia y agrobiologia**, Madrid, v.41, p. 1129 – 1157, 1982.

KLINGE, Henrique. Preliminary data on nutrient release from decomposing leaf litter in a neotropical rain forest. **Amazoniana**, Manaus, v.2, p. 193-202, 1997.

LARCHER, Walter. **Ecofisiologia vegetal**. Traduzido por Carlos Henrique Britto de Assis Prado. São Carlos: Rima, 2000.

LONGHI, Régis Villanova; **Avaliação da deposição de serrapilheira e macro nutrientes em três grupos florísticos na Floresta Ombrófila Mista**. 2009. 41 p. Graduação em Eng. Florestal. UFSM – Santa Maria RS. 2009.

LOPES, Marcelo 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.

LUIZÃO, Flávio J. & Schubart, Henrique O.R. **Litter production and decomposition in a Terra-firme Forest of Central Amazonia**. *Experientia*, v.43, p. 259-265, 1987.

MAJEROWICZ, Nidia. Fotossíntese. In: KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologiavegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 82-133, 2008.

MARTINS, Sebastião Venâncio. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2001.

MARTINS, Sebastião Venâncio; 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.

MATOS, E. S. **Ciclagem de nutrientes por leguminosas herbáceas em cafezais orgânicos**. 2005. 70 p. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2005.

MELILLO, J. M., ABER, J. D. MURATORE, J. F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, v.63, p 621-626, 1982.

MENEZES, Carlos Eduardo Gabriel; PEREIRA, Marcos Gervasio; CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes; Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 439-452 jul.-set., 2010.

NEVES, Julio Cesar Lima **Produção e participação de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo**. 2000. 191 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2000.

PAGANO, Sergio Nereu; DURIGAN, Giselda. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do estado de São Paulo, Brasil. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000. p. 109-123.

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.

PORTELA, Rita C. Q.; SANTOS, Flávio A.M. Produção e espessura da serrapilheira na borda e interior de fragmentos florestais de Mata Atlântica de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, 30, n.2, p. 271 – 280, 2007.

PRITCHETT, William L. **Properties and management of forest soils**. John Wiley & Sons., 1979.

SANTOS, Gabriel A.; SILVA, Leandro S.; CANELLAS, Luciano P.; CAMARGO, Flávio. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre, 2 ed., p. 137-155, 2008.

SANTOS, Gabriel A.; CAMARGO, Flávio A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre, 1 ed., p. 167-175, 1999.

SEASTEDT, T. R., CROSSLEY D. A. Jr. "The influence of arthropods on ecosystems." **BioScience**, p. 157-161, 1984.

SCHEER, Maurício Bergamini. Decomposição e liberação de nutrientes da serrapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p.253-266, abr./jun. 2008.

TEDESCO, Marino J., GIANELLO, Clesio, BISSANI, Carlos A., BOHNEN, Humberto, VOLKWEISS, Sérgio J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS. 1995.

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.

VARGAS, Filipe Marcel Da Rosa. **Deposição de serrapilheira e ciclagem de nutrientes em *pinus taeda* I. Em sistema silvipastoril**. Dissertação, Pato Branco, p. 35-37, 2011.

VITOUSEK, Peter M; SANFORD, Richard L. Nutrient cycling in moist tropical Forest. **Annual Review ecology Science**, Palo Alto, v.17, p.137-167, 1986.

VITOUSEK, Peter M., **Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests**. *Ecology*, v.65 p. 285-298, 1984.

WETZEL, Maria Magaly Velloso da Silva. **Época de dispersão e fisiologia de sementes do Cerrado**. Tese de Doutorado em ecologia, Brasília, p.10, 1997.

WIEDER, R.K., LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data from litter bags. **Ecology**. v.63, p.1636-1642,1982.