

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA  
SANITÁRIA E AMBIENTAL

JULIANA HANKE

A VANTAGEM DOMÉSTICA EM TRÊS ECOSSISTEMAS NO MUNICÍPIO DE IRATI -  
PARANÁ

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

IRATI

2016

JULIANA HANKE

A VANTAGEM DOMÉSTICA EM TRÊS ECOSSISTEMAS NO MUNICÍPIO DE IRATI -  
PARANÁ

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção de grau de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental, curso de Pós Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos da UNICENTRO.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Costa De Oliveira Filho

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kelly Geronazzo Martins

IRATI

2016

Catálogo na Fonte  
Biblioteca da UNICENTRO

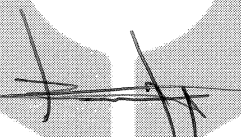
H241v	<p>HANKE, Juliana.</p> <p>A vantagem doméstica em três ecossistemas no município de Irati - Paraná / Juliana Hanke. – Irati, PR : [s.n], 2016. 76f.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kelly Geronazzo Martins</p> <p>Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Área de Concentração : Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos. Linha de Pesquisa : Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR.</p> <p>1. Engenharia Ambiental – dissertação. 2. Teoria da vantagem doméstica. 3. Respiração basal do solo. 4. Decompositores. 5. Floresta Ombrófila Mista. 6. Modelagem numérica de terreno. I. Oliveira Filho, Paulo Costa de. II. Martins, Kelly Geronazzo. III. UNICENTRO. IV. Título.</p> <p>CDD 304.2</p>
-------	---

## TERMO DE APROVAÇÃO

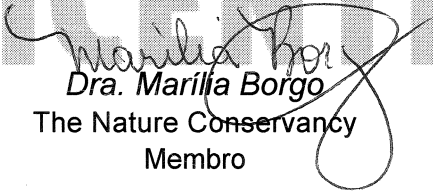
**Juliana Hanke**

**“A vantagem doméstica em três ecossistemas no município de Irati, Paraná”**


Dissertação aprovada em 31/05/2016, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:



*Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho*  
Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Orientador de Presidente da Banca Examinadora



*Dra. Marília Borgo*  
The Nature Conservancy  
Membro



*Dra. Vânia Rosseto Marcelino*  
Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Membro

Irati-PR, 31 de maio de 2016.

Dedico a minha família: Edemar, Denise, Ivana e Leonardo.

## **Agradecimentos**

Agradeço ao meu orientador Prof<sup>a</sup> Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho e a minha coorientadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Kelly Geronazzo Martins. Obrigada pela orientação, paciência, incentivo, apoio constante e confiança.

Agradeço aos meus pais, Edemar e Denise, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Com muito carinho e apoio não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Agradeço de coração ao meu marido Leonardo. Obrigada por tudo nestes dois anos de mestrado, por sempre me dar força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades. Obrigada pela paciência nos meus momentos de estresse, pela compreensão quando eu tinha que estudar, pelo carinho, pelo amor, pelo seu entusiasmo a cada conquista. Obrigada por acreditar em mim.

Agradeço ao meu companheiro de curso, Fernando, pela grande ajuda nas idas a campo para fazermos as coletas, o que sabemos que não foi fácil, mas renderam boas risadas. Agradeço ao Ronaldo, que me ajudou muito nas coletas e confecção dos mapas temáticos.

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

*“A dream is a wish your heart makes  
When you're fast asleep  
In dreams you will loose your heartache  
Whatever you wish for you keep  
Have faith in your dreams and someday  
Your rainbow will come smiling through  
No matter how your heart is grieving  
If you keep on believing  
The dream that you wish will come true”  
Cinderella*

## Resumo

### A Vantagem Doméstica Em Três Ecossistemas No Município De Irati - Paraná

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes ecossistemas na porcentagem de material remanescente e constante de decomposição da serapilheira autóctone e alóctone (Teoria Da Vantagem Doméstica) e determinar se a respiração basal do solo e os atributos pedológicos variam conforme a cobertura florestal. Ainda espacializar em ambiente de Sistema de Informações Geográficas os dados de respiração basal do solo. Para tanto foram selecionadas três áreas: um plantio de *Pinus taeda*, *Eucalyptus dunnii* e remanescente de Floresta Ombrófila Mista, todas no município de Irati, pertencentes à empresa florestadora Emílio B. Gomes & Filhos S/A. Foram feitas coletas de solo para determinação da respiração basal do solo e confecção do modelo numérico do terreno. Para testar a Teoria da Vantagem Doméstica em cada área foram alocados 288 sacos de serapilheira, nos quais 12 gramas de material recém depositado e seco ao ar livre foram confinados. Afim de verificar o efeito da macrofauna, 144 sacos com malha de 1 mm e 144 sacos de malha aberta de 5 mm foram distribuídos nos trechos de estudo. Os sacos de decomposição continham fitomassa oriunda do próprio sítio e concomitantemente fitomassa das demais áreas. Os resultados comprovaram que os atributos pedológicos e a respiração basal do solo ( $F_{(2, 9)} = 6,087$  e  $p = 0,0213$ ) oscilam significativamente conforme muda a cobertura florestal. Após 270 dias de material em campo foi constatado que a micro e macrofauna interferem no processo de decomposição ( $F_{(18;:81)}: 24,991$ ,  $p < 0,01$ ;  $F_{(18;:115)}: 18,986$ ,  $p < 0,01$ ) e finalmente que existe uma elevada afinidade entre a macrofauna de cada área e a fitomassa produzida.

Palavras-chave: Teoria Da Vantagem Doméstica, Respiração Basal Do Solo, Decompositores, Floresta Ombrófila Mista, Modelagem Numérica De Terreno.



## Abstract

### **The Home Field Advantage in three ecosystems in Irati city - Paraná.**

The aim of the present study was evaluate the effect of different ecosystems in the autochthonous and allochthonous percentage of litter remaining and litter decomposition rates (Home Field Advantage Theory). To verify if the soil's respiration and soil proprieties fluctuate according the forest area. Also spacialize the soil's respiration in Geographic Information System environments. In order to achieve that, three areas were selected: one plantation of *Pinus taeda*, *Eucalyptus dunnii* and remaining of Mixed Ombrophilous Forest, all in the Irati city, belonging to the Emílio B. Gomes & Filhos S/A company. Soil samples were taken in order to conclude the soil basal respiration and so that the numerical terrain model could be elaborated. In order to test the Home Field Advantage Theory, 288 litterfall bags were placed in each area, containing 12 grams of litter recently deposited and air-dried. Evaluating the macrofauna, 144 litterbags with 1mm mesh and 144 open litterbags with 5mm where installed in the study region. The litterbags contained leaf litter emanating from the site itself and from the remaining areas. The results proved that the soil proprieties and the soil's respiration ( $F_{(2, 9)} = 6,087$  e  $p = 0,0213$ ) would swing considerably in line with the forest area. After 270 days of study it was noticed that the micro and macrofauna indeed interfere in the decomposition process ( $F_{(18;:81)}: 24,991$ ,  $p < 0,01$ ;  $F_{(18;:115)}: 18,986$ ,  $p < 0,01$ ) and finally that exists high affinity between each area's macrofauna and produced phytomass.

**Keywords:** *Home Field Advantage, Soil's Respiration, Decomposers, Mixed Ombrophilous Forest, Numerical Terrain Model.*

## SUMÁRIO

Lista de Figuras .....	13
Lista de Equações.....	15
Lista de Tabelas .....	15
Lista de Siglas .....	15
1. Introdução.....	16
2. Objetivos.....	20
2.1 Objetivo Geral.....	20
2.2 Objetivos Específicos.....	20
3. Revisão Bibliográfica.....	21
3.1 Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável.....	21
3.2 Ecossistemas e ciclo dos nutrientes.....	22
3.3 Serapilheira e Teoria da Vantagem Doméstica.....	23
3.4 Bioma Mata Atlântica.....	25
3.5 Serviços Ambientais.....	28
3.6 Setor Florestal Brasileiro.....	29
3.6.1 Pinus.....	30
3.6.2 Eucalipto.....	31
3.7 Sistema de Informações Geográficas – SIG.....	32
3.8 Modelagem Numérica do Terreno.....	33
4. Materiais e Métodos.....	35
4.1 Materiais.....	35

4.1.1	Localização e caracterização das áreas de estudo.....	35
4.1.2	Dados Climáticos.....	37
4.2	Métodos.....	38
4.2.1	Sequência Operacional do Trabalho.....	38
4.2.2	Implementação do modelo de dados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e modelagem espacial.....	40
4.2.3	Modelagem espacial .....	40
4.2.4	Análise química e física do solo.....	41
4.2.5	Determinação da respiração do solo.....	41
4.2.6	Decomposição da Serapilheira .....	42
4.2.7	Carbono, Nitrogênio e Relação C/N.....	44
4.2.8	Estimativa da constante de decomposição e fatores de correção.....	44
4.3	Delineamento experimental e análises estatísticas.....	47
4.3.1	Análise de dados da composição química e física do solo.....	47
4.3.2	Análise de dados da Respiração Basal do Solo.....	47
4.3.3	Análise de dados da decomposição da serapilheira.....	47
4.3.4	Análise de dados de Carbono, Nitrogênio e Relação C/N.....	48
4.3.5	Análise de dados da Vantagem doméstica.....	48
5.	Resultados.....	49
5.1	Solos.....	49
5.2	Respiração basal do solo (RBS) .....	50
5.3	Fitomassa Remanescente.....	53
5.4	Relação C/N, Carbono e Nitrogênio.....	58

5.5 Vantagem Doméstica.....	63
6.Conclusões.....	66
7.Referências Bibliográficas.....	67
8. Anexos.....	75

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da área de aplicação da lei nº 11.428 de 2006 (Fonte: IBGE,2008).

Figura 2. Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucárias) (Fonte: Campanili; Schaffer, 2010).

Figura 3. Quantidade de madeira em tora produzida na silvicultura de florestas plantadas (Fonte: IBGE).

Figura 4. Valor da produção na silvicultura de florestas plantadas (Fonte: IBGE).

Figura 5. Localização das áreas de estudo.

Figura 6. Fotos das áreas de *Pinus taeda* (a), *Eucalyptus dunnii* (b) e Floresta Ombrófila Mista (c) em Guamirim, Irati – Paraná, em Abril/2015.

Figura 7. Fotos das áreas de *Pinus taeda* (a), *Eucalyptus dunnii* (b) e Floresta Ombrófila Mista (c) em Guamirim, Irati – Paraná, em Fevereiro/2016.

Figura 8. Dados referentes à precipitação mensal (Pp), temperatura média (Tmed) e umidade relativa do ar (U) para o período de Janeiro de 2014 a Janeiro de 2016.

Figura 9. Croqui da área amostral nas áreas de *Pinus taeda* e Floresta Ombrófila Mista.

Figura 10. Croqui da área experimental utilizado para a área de plantio de *Eucalyptus dunnii* feita em papel milimetrado.

Figura 11. Fluxograma passo a passo para a elaboração dos mapas temáticos.

Figura 12 – Sacos de serapilheira de *Pinus taeda* recém-coletados, de 5mm de abertura e 1mm respectivamente.

Figura 13. *Litterbags* dipostos nas áreas de *Eucalyptus dunnii* (a) e Floresta Ombrófila Mista (b).

Figura 14. Análise de componentes principais da matriz de atributos pedológicos das áreas de FOM, *E.dunni* e *P.taeda*. O eixo ACP 1 explica 46,46% da variação de dados e o eixo ACP 2 26,38%.

Figura 16. Mapas temáticos da Respiração Basal do Solo em três ecossistemas distintos na região de Irati – Paraná.

Figura 17. Fitomassa restante de *E. dunni*, FOM e *P. taeda* na malha de 1 mm (A) e 5 mm (B) na área de *E. dunni*.

Figura 18. Fitomassa restante de *E. dunni*, FOM e *P. taeda* na malha de 1 mm (A) e 5 mm (B) na área de *E. dunni*.

Figura 19. Fitomassa restante de *E. dunni*, FOM e *P. taeda* na malha de 1 mm (A) e 5 mm (B) na área de *P.taeda*.

Figura 20. Relação C/N e porcentagem de carbono nas malhas de 5 mm nas amostras de *E.dunni*, *P.taeda* e FOM no tempo inicial (0 dias) e final (270 dias).

Figura 21. Relação C/N e porcentagem de carbono nas malhas de 1 mm nas amostras de *E.dunni*, *P.taeda* e FOM no tempo inicial (0 dias) e final (270 dias).

Figura 22. Porcentagem de nitrogênio nas malhas abertas (5 mm) nas amostras de *E.dunni*, *P.taeda* e FOM, no tempo inicial (0 dias) e final (270 dias).

Figura 23. Porcentagem de nitrogênio nas malhas fechadas (1 mm) nas amostras de *E.dunni*, *P.taeda* e FOM, no tempo inicial (0 dias) e final (270 dias).

Figura 24. Perda de peso das amostras coletadas feitas com malha de 1 mm de abertura, durante os períodos de 90, 180 e 270 dias nas áreas (*Eucalyptus dunnii*, Floresta Ombrófila Mista e *Pinus taeda*). Os valores representam as médias e as barras representam as diferenças médias significativas para o teste de Tukey a 5% de significância.

Figura 25. Perda de peso das amostras coletadas feitas com malha de 5 mm de abertura, durante os períodos de 90, 180 e 270 dias nas áreas (*Eucalyptus dunnii*,

Floresta Ombrófila Mista e *Pinus taeda*). Os valores representam as médias e as barras representam as diferenças médias significativas para o teste de Tukey a 5% de significância.

## **LISTA DE EQUAÇÕES**

Equação 1: RBS

Equação 2:  $W_t$

Equação 3: Fitomassa remanescente

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Esquema de exclusão/inclusão dos organismos decompositores presentes na serapilheira, conforme o tamanho das malhas utilizadas na confecção dos *litterbags*.

Tabela 2. Dados de correlação dos atributos pedológicos com os eixos da ACP (Análise de componentes principais).

Tabela 3. Valores de respiração do solo encontrados para FOM (Floresta Ombrófila Mista), plantio de *E. dunnii* e *P. taeda*.

Tabela 4. Constantes de decomposição (k) na malha de 1 mm.

Tabela 5. Constantes de decomposição (k) na malha de 5 mm.

## **LISTA DE SIGLAS**

FOM – Floresta Ombrófila Mista

RBS – Respiração Basal do Solo

MNT – Modelo Numérico do Terreno

GPS – Global Position System

SIG – Sistema de Informações Geográficas

## 1. Introdução

As extensas áreas de florestas tropicais devastadas nas últimas décadas culminaram em uma das maiores crises de perda da biodiversidade da Terra (PIMM; RAVEN, 2000). A crise, que é comparada à do Ordoviciano, na qual o planeta chegou a perder cerca de 20% dos seus taxa, levou a criação de uma série de políticas e esforços, tanto para conservar como compreender o papel da biodiversidade no planeta, entre tais elementos, está o reconhecimento dos chamados serviços ecossistêmicos.

Os serviços ecossistêmicos podem ser divididos em: provedores, de recreação, suporte e reguladores (TOWSEND; BEGON; HARPER, 2010). Os serviços considerados de suporte são vitais para a manutenção dos ecossistemas, sem eles nenhum outro pode ser efetuado. Entre estes serviços, está o ciclo de minerais, que consiste no estudo do fluxo e acúmulo dos elementos entre os compartimentos do ecossistema e as transferências entre eles (ODUM, 1988).

Entre as maneiras possíveis de se compreender o ciclo de minerais, a mais comum é o estudo da deposição e a decomposição da serapilheira (ODUM, 1988). A serapilheira, também pode ser denominada folhedo, manta, folhiço, litter ou liteira e representa todos os tipos de material biogênico em vários estágios de decomposição. É formada principalmente por folhas, além de ramos, caules, flores, frutos, cascas, dejetos e restos animais.

A decomposição da liteira é a principal forma de transferência de elementos da vegetação para o solo. Este processo complexo é influenciado por diversos fatores, como o relevo, tipo de vegetação, estágio sucessional, luminosidade, características do solo, disponibilidade de água no ambiente (GIESSELMANN et al., 2011), pluviosidade e temperatura, e da comunidade de macro e microdecompositores (GUZMAN; SANCHEZ, 2003). Todavia, tanto a hierarquia como a força de interação entre os fatores acima citados, pode ser distinta, tanto entre biomas, como ecossistemas (TOWSEND; BEGON; HARPER, 2010).



De forma geral, a literatura aponta para uma relação estreita entre os decompositores e a serapilheira produzida pelas plantas. Portanto, a composição florística de um trecho pode determinar a comunidade de decompositores do mesmo (SCHÄDLER et al., 2003; NEGRETE-YANKELEVICH et al., 2008 a,b). Tal especialização leva a serapilheira que não é oriunda do local a ser decomposta em uma velocidade menor que a serapilheira nativa do trecho em questão. Esta especialização entre a serapilheira produzida e os decompositores de um mesmo local é conhecida como vantagem doméstica ou, em inglês, Teoria da Vantagem Doméstica (GHOLZ et al., 2000).

Dois fatores são extremamente importantes para a Vantagem Doméstica. O primeiro é referente à qualidade de nutrientes da serapilheira, que deve ser baixa; por exemplo, deve conter elevadas concentrações de material recalcitrante, ou compostos tóxicos para os decompositores; situação que limita a decomposição. Neste caso, é comum verificar a Vantagem Doméstica no processo, pois a serapilheira que está em seu ecossistema original fica exposta a uma comunidade de decompositores adaptados a essa baixa qualidade. Obviamente, se a serapilheira apresenta elevada qualidade, ou seja, é extremamente palatável para os decompositores, e isto ocorre quando existem elevadas quantidades de Nitrogênio, dificilmente será observada uma limitação na decomposição, pois toda a comunidade de decompositores estará apta a decompor o material. Nestas circunstâncias a Vantagem Doméstica é pouco provável (HUNT et al., 1988; AYRES et al., 2009 a,b; STRICKLAND et al., 2009 a,b).

O segundo fator está relacionado às oscilações nas populações que formam a comunidade de decompositores. Para ocorrer a Vantagem Doméstica, a comunidade de decompositores deve ser conservadora e, portanto, deve levar mais tempo para adaptar-se a qualidades distintas de serapilheira; tal adaptação deverá ocorrer conforme a comunidade modifica a abundância de suas populações. Este fator está mais relacionado com a comunidade de micro decompositores, pois estes oscilam as populações com maior velocidade que os macro decompositores, tanto temporal como espacialmente (SUZUKI, 2002; GODDARD; BRADFORD, 2003; HANSON et al., 2008).

Diante dessa problemática, uma das formas mais eficientes de se avaliar se existem diferenças espaciais na atividade de micro decompositores é a utilização de atributos microbiológicos do solo, como a respiração basal em modelos numéricos de terreno (BARIANI et al., 2011; MENEZES, et al., 2009; BALOTA et al., 1998, SILVA et al.,2007).

A respiração basal do solo pode ser definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o dióxido de carbono é produzido. Essa produção é pertinente, principalmente, aos fungos e bactérias edáficos (PEÑA, 2002; ASSIS JUNIOR et al., 2003).

Já os modelos numéricos são representações matemáticas computacionais da distribuição espacial de uma variável em determinada área na superfície terrestre. Portanto consistem em uma ferramenta muito utilizada em trabalhos em campo, uma vez que permite representar fenômenos como profundidades do mar, lagos e rios, informações meteorológicas, dados geológicos e de relevo, gerar mapas topográficos e apresentação tridimensional (FELGUEIRAS, et al.,1995).

Devido ao clima da região do município de Irati, duas das espécies arbóreas comerciais mais recomendadas para o plantio são *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii* (EMBRAPA, 1986). As florestas homogêneas formadas ora pelos plantios de *Pinus taeda*, ora pelos plantios de *Eucalyptus dunnii*, entre outras arbóreas comerciais, substituem o ecossistema florestal original da região, denominado Floresta Ombrófila Mista (IBGE, 1992), popularmente conhecida como Floresta de Araucária. Depois dos ecossistemas agrossilviculturais, são esses ecossistemas antrópicos, às florestas homogêneas, os que mais se assemelham as florestas nativas em termos de estrutura (BERNARDINO; GARCIA, 2009). Estudos que procuram responder questões relacionadas à decomposição da serapilheira e o efeito da micro, meso e macro fauna neste processo, são importantes nos povoamentos de espécies comerciais, pois podem auxiliar no manejo destes ecossistemas.

Nas áreas de floresta nativa, essas análises ajudam em estratégias de restauração e recuperação de áreas degradadas, fato relevante para a tipologia

Floresta Ombrófila Mista, presente na região de Irati, e que se encontra drasticamente reduzida, com apenas cerca de 0,8% de sua ocupação original (CASTELLA & BRITZ 2004).

Nesse contexto, o presente estudo buscou investigar a importância dos microrganismos decompositores na decomposição da serapilheira de áreas com coberturas florestais representativas da região central do Paraná. Especificamente buscou-se responder às seguintes perguntas, comparando-se em plantios de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii* e em um trecho de Floresta Ombrófila Mista em estágio inicial de sucessão: a) Os solos são comparáveis texturalmente e seus atributos químicos são distintos? b) A distribuição espacial da respiração basal do solo será diferente nos diferentes ecossistemas? c) Os macrodecompositores interferem significativamente na perda de peso da serapilheira? d) Liteiras com alta concentração de nitrogênio são palatáveis para os organismos decompositores? e) A dinâmica de decomposição de serapilheira é mais rápida no ambiente de origem do que fora dele, conforme estabelecido pela Hipótese Da Vantagem Doméstica?

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito de diferentes ecossistemas (plantio de *P. taeda*, *E. dunnii* e Floresta Ombrófila Mista) na porcentagem de material remanescente e constante de decomposição da serapilheira autóctone (*in situ*) e alóctone (*ex situ*) – Teoria da Vantagem Doméstica (*Teoria da Vantagem Doméstica*) mediante *litterbag* com aberturas de 1 mm e 5 mm.

### 2.2 Objetivos Específicos

Determinar atributos químicos e físicos dos solos dos diferentes ecossistemas estudados;

Espacializar o projeto em ambiente de Sistema de Informações Geográficas e elaborar os modelos numéricos do terreno para a Respiração Basal do Solo e respectivos mapas temáticos;

Determinar a perda de peso das serapilheiras autóctone (*in situ*) e alóctone (*ex situ*) mediante *litterbag* com aberturas de 1 mm e 5 mm;

Determinar as constantes de decomposição das serapilheiras autóctone (*in situ*) e alóctone (*ex situ*) mediante *litterbag* com aberturas de 1 mm e 5 mm;

Determinar o Carbono, Nitrogênio e a relação C:N no material remanescente confinado nos *litterbags* de abertura de 1mm e 5mm no início do experimento e ao seu término, apenas para serapilheira autóctone;

Avaliar o efeito da Vantagem Doméstica na serapilheira de plantios de *P.taeda*, *E.dunnii* e remanescente de Floresta Ombrófila Mista.

### **3. Revisão Bibliográfica**

#### **3.1 Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável**

Não sabemos ao certo o número de espécies que existem na Terra. Atualmente 1,4 milhão de espécies vivas da nossa fauna e flora, foram catalogadas. O Brasil, de acordo com o Primeiro Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), detém cerca de 20% da diversidade biológica do planeta (MMA, 1998).

Uma grande quantidade de espécies vem sendo extinta e o seu número consideravelmente reduzido pela atividade antrópica. Segundo Braga et al. (2005), a redução da biodiversidade é maior nos trópicos, onde há um maior crescimento populacional, baixa renda, baixo investimento em métodos menos agressivos ao meio ambiente, alto uso de combustíveis fósseis e falha nos métodos agrícolas e de reflorestamento.

A biodiversidade não deve ser considerada apenas do ponto de vista da conservação da natureza. Ela impacta em várias atividades humanas e econômicas, como na agricultura e pecuária com o fornecimento de produtos essenciais e na utilização de espécies selvagens na produção farmacêutica. A indústria como um todo utiliza várias matérias primas que são derivadas de plantas e animais, como é o caso das árvores utilizadas para construção, celulose e produtos químicos como o raíam, a borracha e os óleos lubrificantes (BRAGA et al., 2005; DIEGUES, 2001; CALIXTO, 2003).

Com a diminuição da biodiversidade e o aumento da produção econômica, surgiram ideias que levaram a elaboração do conceito de desenvolvimento sustentável no século XXI, pelo engenheiro florestal norte-americano Gifford Pinchot. Segundo ele, a conservação dos recursos naturais deveria ser baseada em três princípios: o uso dos recursos pela geração atual, a prevenção do desperdício e o desenvolvimento dos recursos para muitos (GIANSANTI, 1998; VEIGA, 2008; JARA, 2001).

Ao longo dos anos, devido à situação crítica da degradação ambiental, o tema ampliou-se. Foram criadas várias medidas para se diminuir o impacto já causado e

propostas para se alcançar o desenvolvimento sustentável. Várias reuniões internacionais foram feitas com esse intuito, como a Conferência de Estocolmo, ECO – 92 entre outras (GIANSANTI, 1998).

Para se entender o desenvolvimento sustentável, deve-se compreender a diferença entre crescimento e desenvolvimento econômico. Ambos retratam o aumento da capacidade produtiva da economia, mas o desenvolvimento considera a melhoria da qualidade de vida da população. Desta maneira, ele está ligado ao desenvolvimento sustentável, pois para se elevar a capacidade de produção e ainda aumentar a qualidade de vida é necessário garantir o menor dano possível ao meio ambiente e conseqüentemente à população (GIANSANTI, 1998; JARA, 2001; VEIGA, 2008).

### **3.2 Ecossistemas e ciclo dos nutrientes**

Segundo Odum (1988), um ecossistema é uma unidade funcional básica da ecologia, pois inclui tanto os organismos como o meio abiótico no qual está inserido. É onde o biótico e o abiótico interagem, gerando um fluxo de energia e uma ciclagem de materiais no sistema. Ele é composto por: substâncias inorgânicas, compostos orgânicos, o ambiente atmosférico, hidrológico e geológico, os organismos produtores, consumidores e decompositores (ODUM; 1988).

Os decompositores fazem um papel essencial, pois para obter energia degradando matéria orgânica, liberam nutrientes inorgânicos em forma disponível aos produtores. Podemos dividir os organismos decompositores (heterótrofos) em dois grupos: os biófagos e os saprófagos. Os biófagos consomem outros organismos vivos, enquanto que os saprófagos consomem matéria orgânica morta, também chamada de detrito (ODUM, 1988; RICKLEFS, 2003).

Estes organismos afetam diretamente um dos principais processos que garantem o funcionamento de um ecossistema: o ciclo de nutrientes. Definido como a passagem dos elementos químicos do ambiente para os organismos e vice-versa (RICKLEFS, 2003). Sem ele a produtividade biológica do ecossistema seria reduzida (ODUM; BARRETT, 2007).

A ciclagem consiste no resultado das etapas de absorção, assimilação e armazenamento dos nutrientes na biomassa. Esses nutrientes retornam ao solo devido às chuvas ou com a matéria orgânica, ocorrendo assim a acumulação e decomposição na superfície do solo e, por fim, a mineralização (MASON, 1980).

### **3.3 Serapilheira e Teoria da Vantagem Doméstica**

A principal forma dos nutrientes e da matéria orgânica retornarem ao solo é por meio da decomposição da serapilheira (SPAIN, 1984). A qualidade e a quantidade de nutrientes são variáveis e dependem das características dos vegetais presentes na floresta (GOLLEY et al., 1978).

Existem dois tipos de serapilheira, a grossa e a fina. A grossa é composta por ramos, galhos e troncos com mais de 2 cm de diâmetro e a fina é por flores, folhas, frutos, dejetos de animais e cascas, que possuam até 2 cm de diâmetro (MASON, 1980).

Segundo Jackson (1978), na Floresta Atlântica maior produção de serapilheira coincide com a época mais chuvosa. A produção é influenciada por tempestades, secas, baixas temperaturas e insetos (GORHAM et al, 1964). Segundo Lavelle et al. (1993) o clima é decisivo para se determinar a qualidade da serapilheira, a atividade dos decompositores e as características do solo.

Alguns fatores influenciam na deposição da serapilheira: o clima (condições e variações de temperatura, precipitação, disponibilidade de luz), a vegetação (características genéticas, estágio sucessional, plantada, nativa, idade), as características do ambiente (latitude, altitude, relevo, exposição ao sol), o solo (umidade e fertilidade) entre outros (CORREIA; ANDRADE, 1999; EWEL, 1976; MASON, 1980).

A serapilheira depositada sobre o solo exerce um papel fundamental na transferência do fluxo de energia do ecossistema (PRITCHETT, 1979). Ela é responsável pela manutenção e fertilidade do ecossistema, matéria orgânica do solo, nutrientes disponíveis para as plantas e pelo fluxo do CO<sub>2</sub> (WARDLE et al., 2003; PRESCOTT, 2005).

A velocidade de decomposição pode variar devido a três fatores: condições ambientais (temperatura, umidade, sazonalidade), qualidade da serapilheira (teores de lignina, celulose, compostos fenólicos, elementos minerais) e comunidade decompositora (MASON, 1980, SWIFT; ANDERSON, 1989). Delitti (1995) demonstrou que a temperatura tem um efeito direto na velocidade da decomposição da serapilheira. Quanto menor a temperatura, menor a velocidade de decomposição.

A qualidade da serapilheira é definida pela composição dos vegetais presentes. Vegetação em solos férteis produz uma serapilheira mais rica em nutrientes, pois nessas condições as plantas possuem uma quantidade maior de nitrogênio e fósforo em seus tecidos. Já, as que crescem em solos pobres possuem uma maior quantidade de compostos de defesa em seus tecidos, desfavorecendo a decomposição (PONS et al., 1998).

A relação C/N também influencia a decomposição. Anderson et al. (1979) demonstram que com a relação C/N baixa, reflete-se em menos lignina e compostos secundários tornando a serapilheira mais atraente para os decompositores, acelerando o processo de decomposição.

Outro fator que influencia o processo de decomposição é a vida média da folha. As folhas que possuem uma vida média menor têm menos compostos de defesa, sendo mais fácil de serem decompostas (PONS et al., 1998).

As características químicas e físicas da serapilheira determinam os decompositores do ecossistema. Esses decompositores são especializados e acostumados a decompor a matéria daquele local e, portanto, poderiam ter dificuldades para decompor material proveniente de outros locais. Essa teoria é conhecida como A Teoria da Vantagem Doméstica ou *Home Field Advantage* (HFA) (GHOLZ et al., 2000).

Para que se confirme a hipótese de que a Teoria da Vantagem Doméstica funciona, são necessárias duas condições. A serapilheira deve ser de baixa qualidade, contendo compostos recalcitrantes, tóxicos, dificultosos para a decomposição, pois um material rico em nutrientes, seria facilmente decomposto e atraente para os decompositores, não permitindo as adaptações necessárias para a confirmação da



TDA. Outra condição é que a comunidade de decompositores deve ser conservadora, para que a decomposição de algumas substâncias químicas seja mais dificultosa, necessitando de uma especialização das espécies de decompositores (GHOLZ et al., 2000, GIESSELMANN et al., 2011).

Porém existem alguns decompositores que, mesmo especializados, podem adaptar-se a diferentes tipos de serapilheira. Alguns fungos, bactérias e comunidades microbianas quando colocados em outro meio, habituam-se rapidamente as mudanças na qual estão inseridos (HANSON et al., 2008, GIESSELMANN et al., 2011).

### **3.4 Bioma Mata Atlântica**

Em 1500, quando os portugueses descobriram o Brasil, aproximadamente 15% do território era coberto pela Mata Atlântica. Cerca de 1.296.446 km<sup>2</sup>. A Fundação SOS Mata Atlântica e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) divulgaram em 2015 dados do Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. O estudo aponta desmatamento de 18.267 hectares (ha), ou 183 Km<sup>2</sup>, de remanescentes florestais nos 17 Estados da Mata Atlântica no período de 2013 a 2014, porém houve uma queda de 24% em relação ao período anterior (2012-2013), que registrou 23.948 ha (Atlântica, 2014).

O estado do Paraná está em quarto lugar no ranking de desmatamento das florestas nativas. Ocorreu uma perda de 921 ha de florestas nativas em 2013-2014, uma queda de 57% em relação ao ano anterior, quando foram desmatados 2.126 ha, segundo a Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A Mata Atlântica é muito rica em sua fauna e flora. Possui cerca de 20.000 espécies vegetais, 36% das espécies presentes no Brasil. São reconhecidas 46108 espécies para a flora brasileira, sendo 4747 de Algas, 32815 de Angiospermas, 1526 de Briófitas, 5711 de Fungos, 30 de Gimnospermas e 1279 de Samambaias e Licófitas (FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO; 2016).

Algumas espécies como o pau-brasil (*Caesalpinia echinata*), o palmito juçara (*Euterpe edulis*), a araucária (*Araucaria angustifolia*) e várias orquídeas e bromélias estão ameaçadas de extinção. Há uma grande quantidade de espécies endêmicas na Mata Atlântica, que são aquelas que não podem ser encontradas em nenhum outro tipo de bioma. (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010).

A Lei nº 11.428 (Lei da Mata Atlântica) definiu as diferentes formações florestais e ecossistemas associados os quais foram detalhados pelo Decreto nº 6.660, de 2008, e delimitados no “Mapa da Área de Aplicação da Lei nº11.428”, de 2006, elaborado e publicado pelo IBGE (Figura 1). Através dela foram estabelecidos as formações e ecossistemas: Áreas de tensão ecológica, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Savana, Savana-Estépica, Estepe, Áreas Das Formações Pioneiras E Refúgios Vegetacionais (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010).

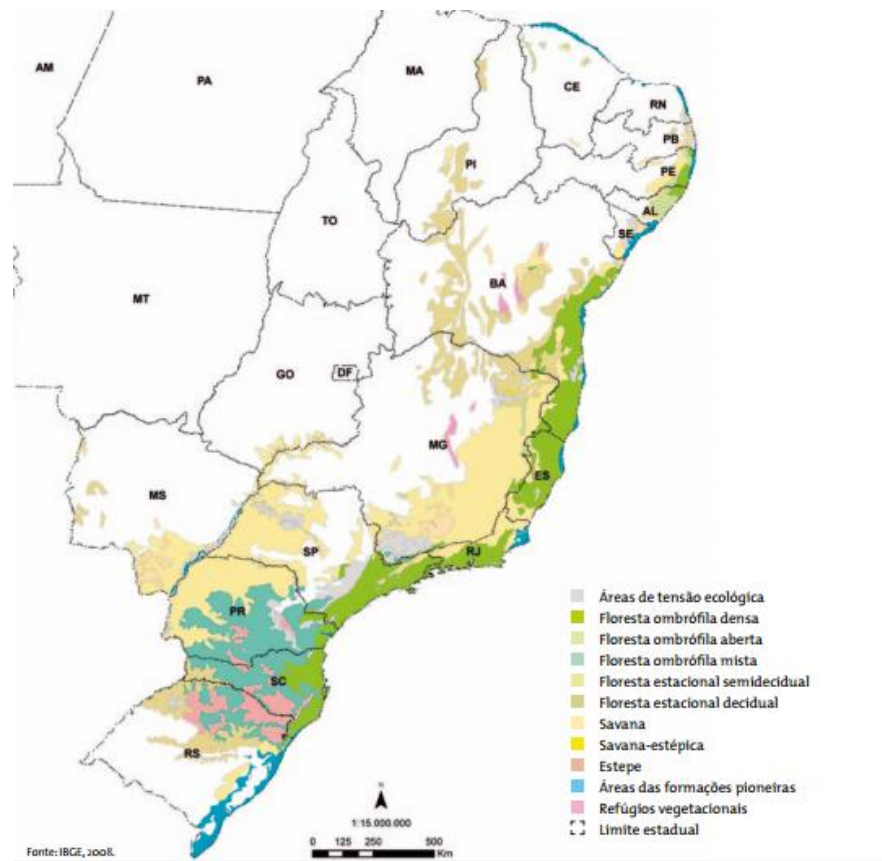


Figura 1. Mapa da área de aplicação da lei nº 11.428 de 2006 (Fonte: IBGE,2008).

A região na qual este trabalho foi realizado está inserida na Floresta Ombrófila Mista, conhecida como Floresta das Araucárias (IBGE, 1992). É caracterizada por ser uma mistura florística que comporta gêneros Australásicos (*Drymis*, *Araucaria*) e Afro-Asiáticos (*Podocarpus*), com predominância da *Araucaria angustifolia* (pinheiro) no estrato superior (Figura 2). O clima onde ela se desenvolve é úmido sem período seco, com temperaturas médias anuais em torno de 18°C (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010).

A Floresta Ombrófila Mista (FOM), graças as suas características, assume um papel de extrema importância na dinâmica evolutiva do sul do Brasil. Ela está em contato com a Floresta Ombrófila Densa (Atlântica) a leste, ao norte com regiões onde há estacionalidade foliar e a oeste com formações campestres ombrófilas (LEITE, 1994). Este ecossistema predomina nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, em terrenos acima de 500-600 metros de altitude (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010; IBGE, 1992).

Grande parte da FOM está assentada por planaltos com latitudes e altitudes diferenciadas, com variações no clima e na distância do mar. Devido a essa característica os solos presentes nesta região fitoecológica são: Cambissolos, Latossolos, Argisolos Neosolos Litólicos (EMBRAPA, 1999; LEITE, 1994).



Figura 2. Floresta Ombrófila Mista (Floresta com araucárias) (Fonte: Campanili; Schaffer, 2010).

### 3.5 Serviços Ambientais

As interações entre os organismos vivos e os componentes físico-químicos, resultam em vários processos naturais nos ecossistemas, garantindo a sobrevivência de espécies e provendo bens e serviços aos seres humanos (SEEHUSEN; BECKER, 2011). A capacidade que um ecossistema tem de prover esses bens e serviços é classificada como funções dos ecossistemas (DE GROOT et al., 2002).

Quando se conhece a contribuição provida pelo ecossistema à sociedade, suas funções passam a ser chamadas serviços ecossistêmicos (DE GROOT et al., 2002). Os serviços ecossistêmicos são prestados pelo meio ambiente para nós por nenhum custo e de forma silenciosa, e nos trazem diversos benefícios. A regulação do clima, a manutenção do ciclo hidrológico, a prevenção da erosão do solo e a produção de oxigênio, são apenas alguns destes serviços (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010).

Os serviços ecossistêmicos são divididos em quatro categorias: serviços de provisão, reguladores, culturais e de suporte (DE GROOT et al., 2002). Os serviços de provisão são aqueles que têm a capacidade de prover bens, como alimentos ou matéria-prima. Os reguladores são obtidos por meio dos processos naturais que regulam as condições ambientais que sustentam nossa vida, como a purificação do ar, a regulação do clima, regulação do ciclo das águas, controle de enchentes e erosão. Já os serviços culturais estão relacionados à capacidade que os ecossistemas possuem de oferecer benefícios estéticos, espirituais, educacionais e recreacionais (SEEHUSEN; BECKER, 2011).

Os serviços de suporte são considerados os mais importantes dentre as quatro categorias, pois este possibilita a existência dos outros. Representam os processos naturais, como a produção primária, formação de solos, ciclagem de nutrientes, a polinização e a dispersão de sementes. Todos os seres humanos necessitam dos serviços ecossistêmicos para a sua sobrevivência, pois dependem de água potável e matérias-primas, florestas, manguezais, ecossistemas marinhos, pântanos, entre outros são de extrema importância para a provisão destes serviços (SEEHUSEN; BECKER, 2011; CAMPANILI; SCHAFFER, 2010).

A Mata Atlântica é provedora de diversos serviços ecossistêmicos e é uma das regiões com maior biodiversidade no mundo (SEEHUSEN; BECKER, 2011). Os mesmos autores afirmam que aproximadamente dois terços da população brasileira vivem em áreas de Mata Atlântica e dependem de serviços como provimento da água, polinização natural e proteção contra desastres naturais para sobreviver.

### 3.6 Setor Florestal Brasileiro

Estima-se que a cobertura florestal brasileira seja de 463 milhões de hectares, sendo 98,5% de áreas nativas e 1,5% de florestas plantadas, onde as espécies exóticas predominantes são dos gêneros Pinus e Eucalyptus. Mesmo sendo reduzidas, as florestas plantadas possuem uma grande participação no setor econômico (CEPEA, 2014).

O setor florestal brasileiro é responsável por 1,25% do PIB (Produto Interno Bruto) e a tendência é só aumentar (CEPEA, 2014). A produção madeireira em tora no Brasil vem crescendo, como se pode observar na Figura 3.

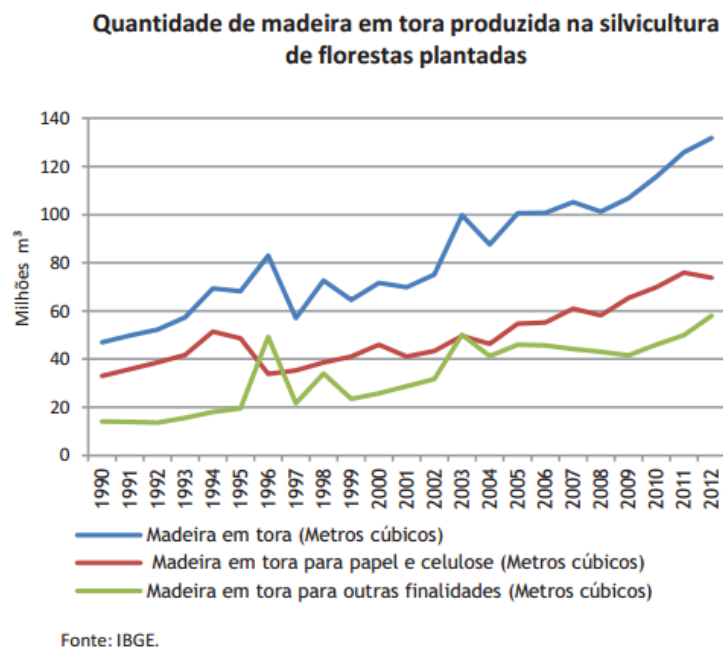


Figura 3. Quantidade de madeira em tora produzida na silvicultura de florestas plantadas (Fonte: IBGE).

De 2011 para 2012 foi registrado um aumento de produção de 4,7%, cerca de 131,8 milhões de m<sup>3</sup>. Esse resultado foi influenciado devido ao aumento do valor da produção na silvicultura, conforme Figura 4.

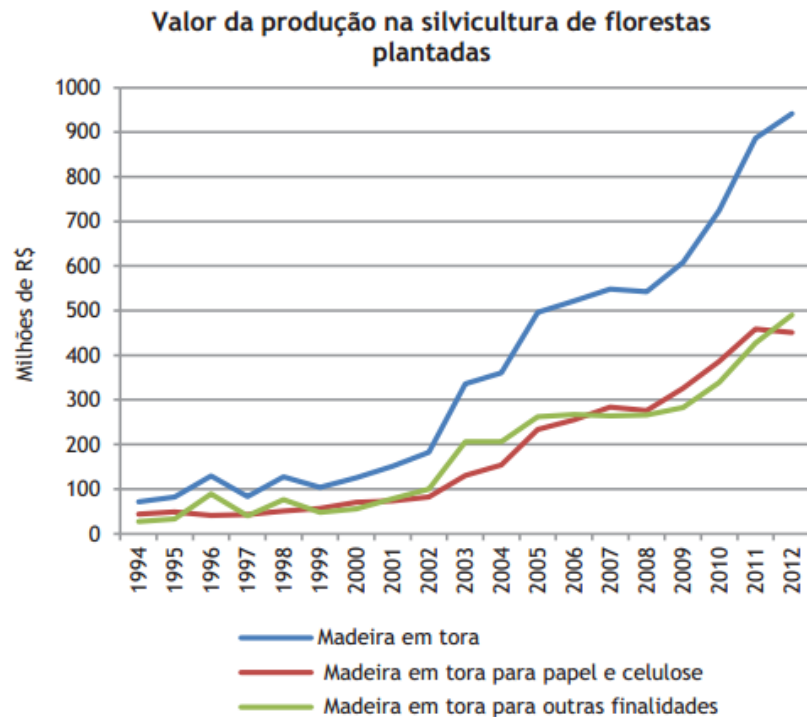


Figura 4. Valor da produção na silvicultura de florestas plantadas (Fonte: IBGE).

Em 2015, segundo o Painel Florestal, o volume de celulose exportado aumentou em 19,9%, enquanto que a produção de celulose aumentou 7%. A exportação de painéis de madeira cresceu 43,3% e as vendas internas foram 1,4% maiores.

### 3.6.1 Pinus

As florestas plantadas de pinus possuem uma grande importância econômica no país. Sua esfera de produção atinge desde o pequeno produtor até as maiores indústrias, como as de papel e celulose, chapas, geração de energia, fibra longa e serraria (SHIMIZU, 2008).

O gênero, pertencente à família das Pinaceae possui cerca de 90 espécies, chegaram ao Brasil no século XIX, para serem utilizadas ornamentalmente, por imigrantes europeus. Nos anos 1950 o governo estimulou a indústria de papel e celulose, e a partir disso o plantio de pinus foi intenso, para que se suprisse a necessidade de matéria prima ,em substituição do uso da araucária (DOSSA et al., 2002).

Várias espécies foram introduzidas no Brasil: *Pinus canariensis*, *P. palustris*, *P. echinata*, *P. elliotti* e *P. taeda*. Porém o *P. elliotti* e o *P. taeda* foram as que tiveram uma melhor adaptação e maior produtividade. Essas duas espécies são resistentes a geadas, aspecto importantíssimo para o desenvolvimento delas na região sul (SHIMIZU, 2008).

Segundo Dossa et al. (2002) estima-se que existem 1,94 milhões de hectares de pinus plantados no Brasil. As maiores áreas plantadas estão no Paraná (32,9%), Santa Catarina (17,3%), Bahia (13,0%) e São Paulo (11,0%). A maior destinação de pinus é para a madeira serrada, seguido da celulose fibra longa e compensado.

### **3.6.2 Eucalipto**

Existem cerca de 500 espécies do gênero *Eucalyptus* no mundo. Alguns países o utilizam para a produção comercial, entre eles Índia, China, Itália, Argentina e Brasil (MOURA, 2003).

A introdução do gênero no Brasil se deu no ano de 1825, quando mudas de eucalipto foram plantadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Sua finalidade nessa época era servir para ornamentação e quebra ventos, devido ao seu desenvolvimento rápido e altura. A partir de 1909, com a Lei 5.106 dos incentivos fiscais ao reflorestamento, até o ano de 1986 foram plantados 3,2 milhões de hectares e em 1998 a área era de 3 milhões de hectares. Desde 1909 ocorreu uma consolidação e desenvolvimento da indústria florestal no país (PEREIRA et al., 2000).

O Eucalipto é atrativo para o setor florestal devido a vários fatores. Ele atinge a idade de corte entre cinco e sete anos, um rápido crescimento comparado a outras

espécies madeireiras; apresenta bom desempenho, mesmo em solos pobres, de baixa fertilidade; possui bom crescimento em espaçamentos reduzidos. A incidência de pragas e doenças é baixa, sendo seus principais inimigos cupins e formigas. A forma do tronco permite que seja utilizado para vários propósitos. Há uma alta capacidade de rebrota e grande facilidade na produção de mudas (MOURA, 2003).

A madeira de eucalipto é destinada para diversos usos como lenha, estacas, carvão vegetal, celulose e papel, para chapas de fibras e partículas. Ainda pode ser utilizada para usos mais nobres, como a fabricação de casas e móveis (PEREIRA et al., 2000).

### **3.7 Sistema de Informações Geográficas – SIG**

O Sistema de Informações Geográficas é uma ferramenta que permite a coleta de informações sobre o espaço terrestre e a interpretação das mesmas. Segundo Silva (1999), os “Sistemas de Informações Geográficas são usualmente aceitos como sendo uma tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, oferece, ao ser implementada, alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico, compondo o chamado universo da geotecnologia”.

Neste contexto, o SIG utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento dos dados e a obtenção das informações geográficas. Essa ferramenta vem se difundindo de forma crescente em várias áreas, como Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional (CÂMARA et al.,2001).

O SIG pode ser utilizado para solucionar e monitorar diversos problemas ambientais como, por exemplo: mapeamento de áreas de risco, ajudando a administração municipal a impedir a construção de habitações irregulares; controle de vetores e vigilância epidemiológica de doenças; planejamento para combate a enchentes; uso e ocupação do solo (MIRANDA, 2010).

Devido às suas aplicações, existem três maneiras de utilizar um SIG segundo Câmara e Davis (2004), como ferramenta para produção de mapas; suporte para



análise espacial de fenômenos e como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

As ferramentas do SIG permitem fazer análises complexas ao integrar os dados de diversas fontes e criar banco de dados geo-referenciados. (CÂMARA; DAVIS, 2004). As funções básicas do SIG são divididas em consulta, reclassificação, análise de proximidade e contiguidade, Modelos Numéricos De Terreno – MNT, operações algébricas não cumulativas e operações algébricas cumulativas (SILVA, 1999).

### **3.8 Modelagem Numérica do Terreno**

Um fenômeno espacial pode ser representado matematicamente e computacionalmente pelo processo conhecido como Modelagem Numérica do Terreno (MNT). Alguns fenômenos na superfície terrestre podem ser representados como informações geológicas, profundidades de mares, rios e lagoas, dados altimétricos e meteorológicos, por exemplo (SILVA, 1999).

Na prática, podem-se citar alguns usos do MNT como elaboração de mapas de declividade para a análise de geomorfologia e erodibilidade, armazenamento de dados altimétricos para gerar mapas topográficos e previsão e mapeamento do risco de erosão do solo, em escala de bacias hidrográficas. Na apresentação tridimensional, pode-se combinar outras variáveis (FELGUEIRAS et al., 2004).

Para que a superfície terrestre seja representada no computador, é necessária a elaboração e criação de um modelo digital, que pode ser formado por uma grade de pontos ou por equações analíticas, para que sejam observadas as características reais do terreno (MEIRELLES et al., 2007).

Depois de se obter a grade de pontos, pode-se realizar vários cálculos, tais como: volumes, áreas, perfis e seções transversais. Ainda é possível gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade e aspecto, gerar fatiamentos nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais (FELGUEIRAS et al., 2004).

O processo para gerar um MNT é composto por duas etapas. Amostragem e a Interpolação. A amostragem consiste na aquisição de um conjunto de amostras representativas do fenômeno de interesse representadas por curvas de isovalores e pontos tridimensionais. Deve-se ter muito cuidado na quantidade e posicionamento das amostras. Uma superamostragem pode tornar as informações redundantes e o oposto disso pode fragilizar o modelo com escassez de informações. Os dados de MNT são representados por coordenadas 2,5D (x,y,z) (MEIRELLES et al., 2007).

Já a interpolação baseia-se na elaboração de estruturas de dados e a definição de superfícies de ajuste para se atingir a representação contínua do fenômeno a partir das amostras. A partir destes, os valores de cota de cada ponto da grade são estimados. Após a geração do modelo, pode-se desenvolver diferentes aplicações (MEIRELLES et al., 2007).

## 4. Materiais e Métodos

### 4.1 Materiais

#### 4.1.1 Localização e caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado em duas áreas com plantio comercial de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii* e um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, localizadas na Fazenda Água Quente 1 no distrito de Guamirim, município de Irati (PR), as quais pertencem à empresa florestadora Emílio B. Gomes & Filhos S/A (Figura 5).

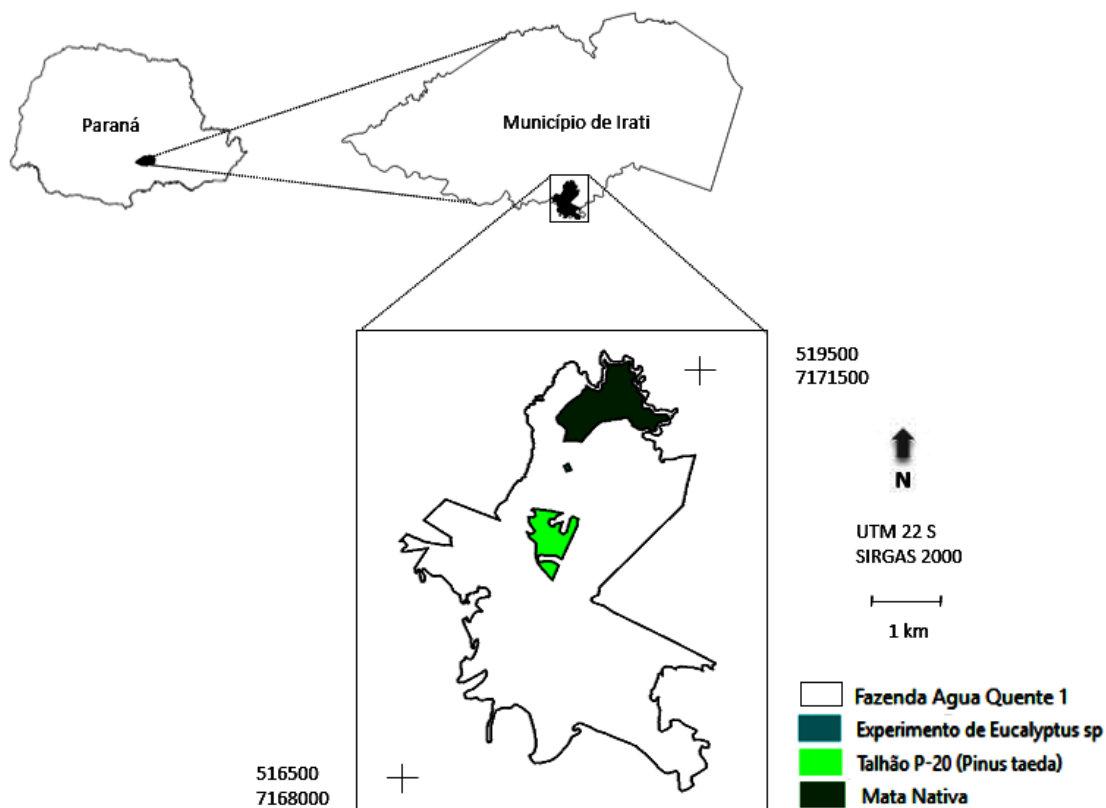


Figura 5. Localização das áreas de estudo.

O plantio de *Pinus taeda*, com área aproximada de 35 ha, tem idade de 15 anos e apresenta espaçamento de 3 x 2 entre as árvores as quais apresentam altura média de 22,61 m.

O plantio de *Eucalyptus dunnii* ocupa uma área de 7 há e foi feito há 5 anos. Ele também segue espaçamento de 3 x 2 m e as árvores tem altura média de 14,42 m, conforme informações da empresa dona da área. Todos os dados referentes ao plantio de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii* fornecidos pela empresa são encontrados na Tabela 1 e 2 dos Anexos.

Nas figuras 8 e 9 encontram-se as áreas em que o experimento foi implementado e correspondem a 0 dias em campo e a 270 dias respectivamente. Na área de *Pinus taeda*, na primeira coleta, era praticamente inexistente a presença de sub-bosque (Figura 8a), diferentemente da segunda coleta, quando havia sub-bosque em regeneração (Figura 9a). A área de *Eucalyptus dunnii* também sofreu uma mudança, pois apesar de haver um sub-bosque na primeira coleta (Figura 8b) é possível perceber que este estava mais desenvolvido quando ocorreu a segunda coleta (Figura 9b). A área de Floresta Ombrófila mista foi roçada no período da segunda coleta (Figura 9c) mostrando que na primeira coleta a floresta estava muito mais densa (Figura 8c).

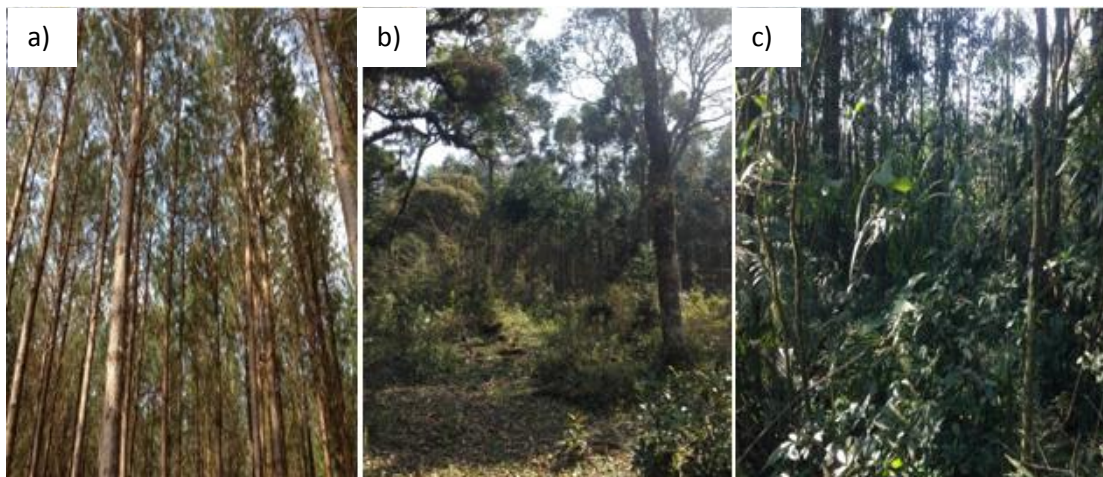


Figura 6. Fotos das áreas de *Pinus taeda* (a), *Eucalyptus dunnii* (b) e Floresta Ombrófila Mista (c) em Guamirim, Irati – Paraná, em Abril/2015.

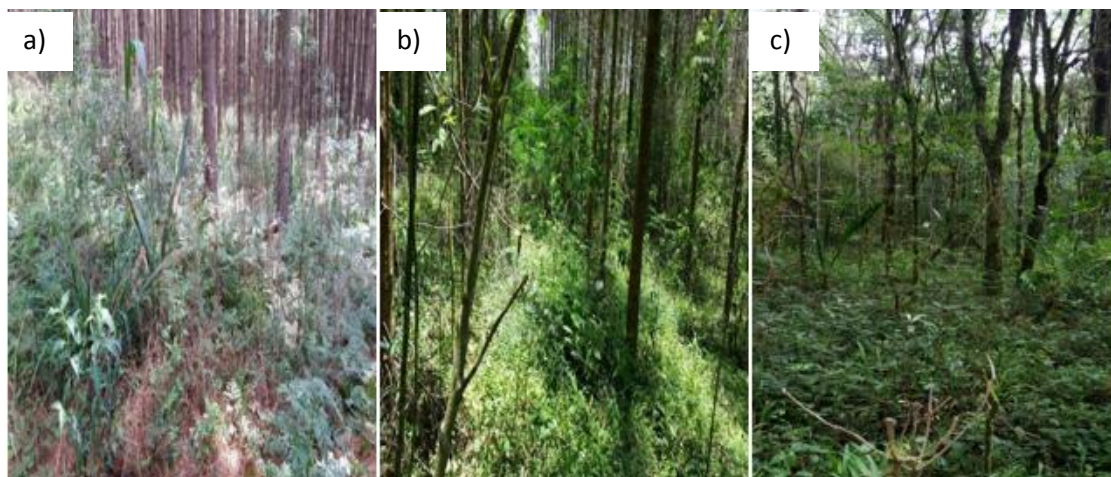


Figura 7. Fotos das áreas de *Pinus taeda* (a), *Eucalyptus dunnii* (b) e Floresta Ombrófila Mista (c) em Guamirim, Irati – Paraná, em Fevereiro/2016.

#### 4.1.2 Dados Climáticos

Segundo o Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2000), o clima no município de Irati é o clima temperado e conforme a classificação climática de Koppen é o Cfb, temperado, com verão ameno. As chuvas são uniformemente distribuídas, de 1.100 a 2.000 mm, no inverno das geadas são severas e frequentes e verões são amenos.

As variáveis climáticas de temperatura média do ar e precipitação total, compreendendo o período de abril de 2014 a fevereiro de 2016, foram obtidas da estação meteorológica de Fernandes Pinheiro, 44 km distante de Irati. Esses dados foram cedidos pelo SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná.

Os dados cedidos pelo SIMEPAR podem ser vistos na Figura 8, onde temos a temperatura média, a precipitação e a umidade.

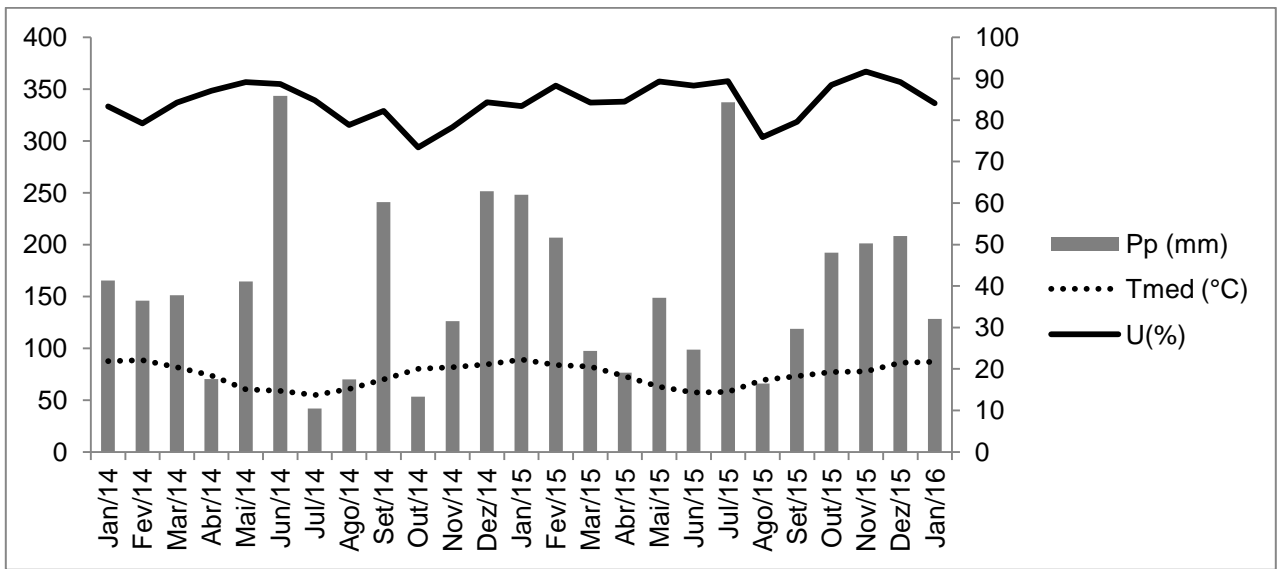


Figura 8. Dados referentes à precipitação mensal (Pp), temperatura média (Tmed) e umidade relativa do ar (U) para o período de Janeiro de 2014 a Janeiro de 2016.

## 4.2 Métodos

### 4.2.1 Sequência Operacional do Trabalho

Instalação do experimento e levantamento de campo: foram instaladas três parcelas de 3600 m<sup>2</sup> utilizando-se de bússola para alinhamento em campo. A partir do croqui do experimento em campo, instalado utilizando um sistema de referência arbitrário (x,y) esquematizado em papel milimetrado, foi referenciada a rede de pontos utilizada no processo amostral. Foram obtidas amostras de solo para as três áreas, e após a coleta, as amostras foram empacotadas separadamente, identificadas e etiquetadas.

A Figuras 9 e 10 apresentam os croquis de coleta de solos aplicados nas áreas experimentais. *Pinus taeda* e FOM foram delineadas como amostras regulares de 60 x 60 metros, com pontos amostrais definidos a cada 15 metros perfazendo uma área total de 3.600 m<sup>2</sup> (Figura 9). Já no povoamento de *Eucalyptus dunnii*, em função da forma do talhão, a área do croqui foi definida como um retângulo de 120 x 30 metros, perfazendo uma área experimental com mesma dimensão, ou seja 3.600 m<sup>2</sup> (Figura 10).

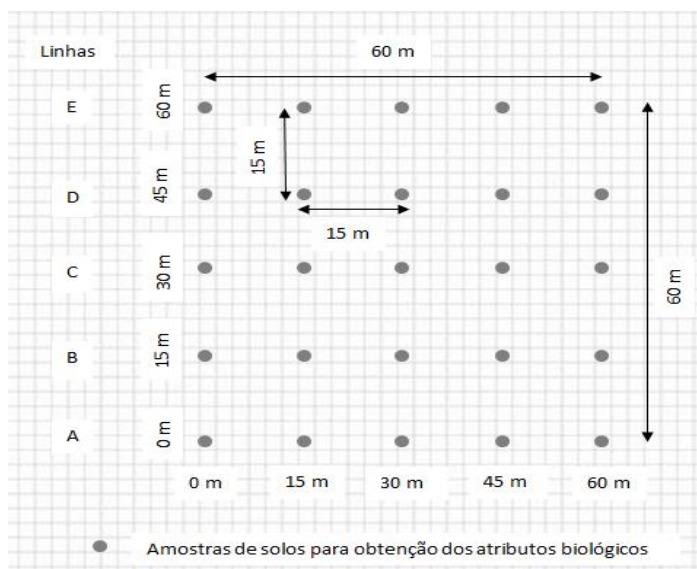


Figura 9. Croqui da área amostral nas áreas de *Pinus taeda* e Floresta Ombrófila Mista.

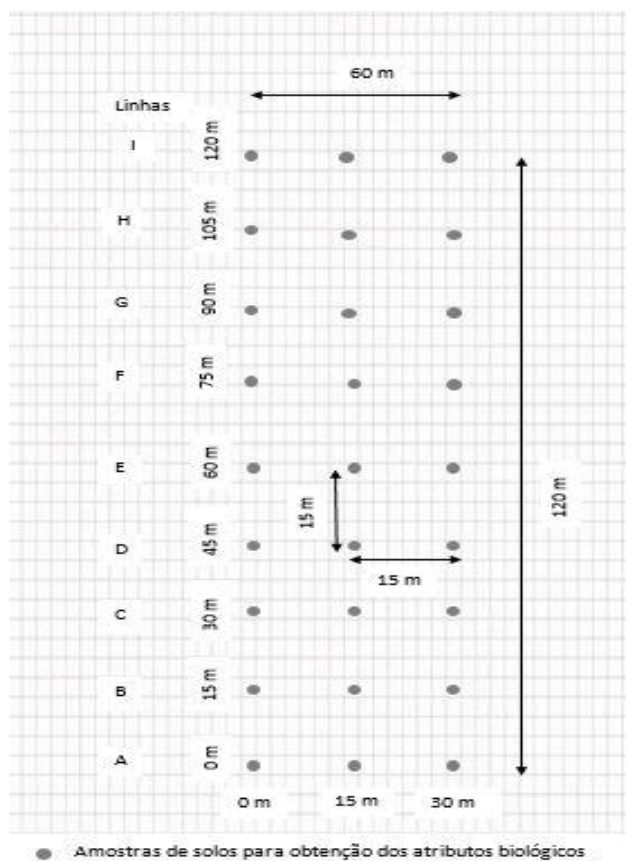


Figura 10. Croqui da área experimental utilizado para a área de plantio de *Eucalyptus dunnii* feita em papel milimetrado.

A partir dos croquis do experimento em campo em formato analógico, foi realizada a digitalização através de *scanner* de mesa com 300 *dpi* em formato *.tif* e implementação de um modelo de dados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas com referência local para espacializar as áreas de estudo bem como a rede de pontos utilizada no processo amostral.

#### **4.2.2 Implementação do modelo de dados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e modelagem espacial.**

A partir dos croquis com informações sobre a localização das parcelas utilizadas em campo para a determinação dos parâmetros microbiológicos, as mesmas foram espacializadas em SIG. Posteriormente, foram realizadas coletas de solo na profundidade de 0 a 5 centímetros com intervalos em x e y de 15 metros nas três áreas que representam os três ecossistemas, perfazendo um total de 75 amostras, sendo 25 para cada um dos ecossistemas. Com essas coletas foi realizada a determinação dos atributos microbiológicos do solo.

A seguir, a partir de análises laboratoriais foi obtido o parâmetro de respiração basal do solo. A partir desse parâmetro foram construídos Modelos Numéricos do Terreno – MNTs para as três áreas definidas. Definidos os MNTs para o parâmetro nas três áreas, foi realizado o fatiamento dos MNTs e confecção dos mapas temáticos.

#### **4.2.3 Modelagem espacial**

Os dados obtidos em laboratório da respiração basal do solo, após as análises, foram associados aos pontos amostrais, demarcados no croqui e vetorizados no projeto no SIG. A seguir, foi realizada a interpolação matemática para a formação do MNT para a variável Z (respiração basal do solo) utilizando o interpolador matemático de Delaunay. Dando prosseguimento ao processo, foram feitos os mapas temáticos para a variável respiração basal do solo realizando-se os fatiamentos dos respectivos MNTs (*Pinus taeda*, FOM e *Eucalyptus dunnii*), atribuindo cores para as diferentes classes, possibilitando visualizar os níveis biológicos para cada um dos mapas. Optou-se pela



operação de fatiamento em 5 intervalos de classe. O fluxograma de elaboração dos mapas temáticos pode ser visualizado na Figura 11.

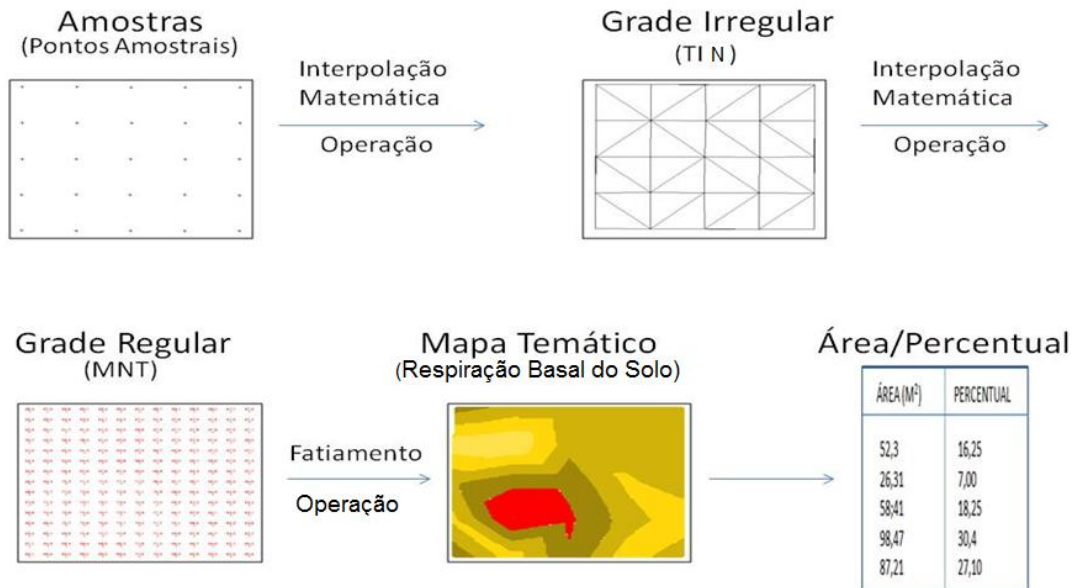


Figura 11. Fluxograma passo a passo para a elaboração dos mapas temáticos.

#### 4.2.4 Análise química e física do solo

As amostras foram analisadas pelo Laboratório de Análises de Rotina de Solos da UNICENTRO, Campus de Irati, Departamento de Engenharia Florestal. A metodologia utilizada para a obtenção da matéria orgânica foi digestão úmida. O fósforo e o potássio foram extraídos com solução de Mehlich-I, o pH em  $\text{CaCl}_2$  1:2:5 e Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com  $\text{KCl}$   $1\text{ mol L}^{-1}$  (EMBRAPA, 1999).

#### 4.2.5 Determinação da respiração do solo

As amostras foram coletadas da mesma forma que para as análises químicas e físicas de solo, já descritas no item 4.2.1.

As coletas foram efetuadas em julho de 2015, e no mesmo dia foram processadas e incubadas por uma semana para então serem tituladas. Todos os procedimentos analíticos foram realizados no Laboratório de Química do Departamento de Engenharia Ambiental da UNICENTRO, Campus de Irati.

Para a determinação da respiração microbiana utilizou-se o método de Jenkinson e Powlson (1976), onde a respiração é avaliada após a incubação de 30 g de solo úmido juntamente com tubos de ensaio contendo água deionizada (para manutenção da umidade da amostra) e NaOH (0,5 mol.L<sup>-1</sup>), por um período de sete dias em temperatura ambiente. Neste método, o CO<sub>2</sub> produzido pela respiração dos microrganismos reage com NaOH, e o excedente é titulado com HCl. Para a titulação utilizou-se uma alíquota de 10 mL de NaOH com 1 mL de BaCl<sub>2</sub> (50%) e três gotas de fenolftaleína (1%). O cálculo da taxa de respiração foi efetuado conforme os proponentes do método Jenkinson e Powlson (1976):

Equação 1:

$$RBS = (\text{mg de C-CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ Solo hora}^{-1}) = ((V_a - V_b) \cdot M \cdot 6 \cdot 1000) / (P_s) / T$$

Onde:

RBS= Carbono oriundo da respiração do solo;

V<sub>b</sub> = Volume de HCl gasto na titulação da solução controle;

V<sub>a</sub> = Volume gasto de HCl na titulação da amostra;

M = Molaridade exata do HCl;

P<sub>s</sub> (g) = Massa de solo seco;

T = Tempo de incubação das amostras, em horas.

#### 4.2.6 Decomposição da Serapilheira

Para o estudo de decomposição foram feitas coletas de serapilheira proveniente das três áreas de estudo. No total foram alocados 288 sacos de liteira (*litterbags*), contendo 12 g de serapilheira recém depositada e seca ao ar livre. A serapilheira confinada nos *litterbags* era formada por folhas novas, que ainda não tinham sido decompostas.

Destes 288 sacos, 144 eram de malha fechada (1mm de diâmetro) e 144 eram de malha aberta (5 mm), totalizando 288 sacos (Figura 12). Os sacos de malha fechada foram utilizados com objetivo de impedir a entrada da macro e meso fauna do solo, enquanto os de malha aberta para permitir a entrada destes decompositores (Tabela 1).



Figura 12 – Sacos de serapilheira de *Pinus taeda* recém-coletados, de 5mm de abertura e 1mm respectivamente.

Tabela 1. Esquema de exclusão/inclusão dos organismos decompositores presentes na serapilheira, conforme o tamanho das malhas utilizadas na confecção dos *litterbags*.

Malha do Litterbag	Exclusão	Inclusão
Aberta (5mm)	Macrofauna >5mm	Macrofauna (< 5mm) Microfauna Mesofauna Microflora
Fechada (1mm)	Macrofauna Mesofauna Microfauna (>1mm)	Microfauna (<1mm) Microflora

Foram 48 sacos de malha fechada e 48 de malha aberta alocados em cada um dos ecossistemas; estes 48 sacos (tanto para a malha aberta como a fechada) são formados por 3 grupos de 16 sacos com 12 gramas da serapilheira recém depositada de cada um dos ecossistemas pertinentes a este estudo (Figura 13a e 13b). Assim, cada ecossistema recebeu sacos contendo serapilheira dele e dos outros dois ecossistemas, de modo a se verificar o possível efeito da vantagem doméstica.

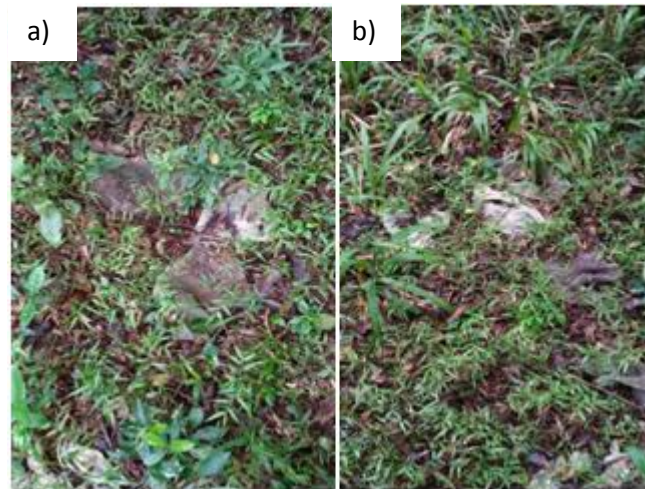


Figura 13. *Litterbags* dipostos nas áreas de *Eucalyptus dunnii* (a) e Floresta Ombrófila Mista (b).

Foram feitas três coletas de *litterbags*: a primeira após 90 dias, a segunda após 150 dias, e a última após 200 dias de material em campo.

Após as coletas o material foi seco em estufa até atingir peso constante e sua massa anotada em planilhas para posterior análise da porcentagem de perda de peso (peso inicial = 100%, peso da coleta = x).

#### 4.2.7 Carbono, Nitrogênio e Relação C/N

A partir da fitomassa contida nas bolsas de decomposição no início do experimento e após 270 dias foram determinados os teores de C e N e a relação C/N. Para tanto, o material foi moído em moinho de bola FRITSCH e incinerado em analisador elementar de CHNOS vario EL III. Todas as análises de tecido vegetal foram efetuadas no departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR - Laboratório de Biogeoquímica.

#### 4.2.8 Estimativa da constante de decomposição e fatores de correção

A taxa de decomposição (k) foi determinada por meio do modelo exponencial desenvolvido por Olson (1963):

Equação 2:

$$W_t = W_0 e^{-kt}, \text{ onde:}$$

$W_t$  = fitomassa remanescente (%)

$W_0$  = peso inicial do material, o qual foi utilizado sempre como 100%

$e$  = exponencial

$k$  = taxa de decomposição

$t$  = tempo em que o material ficou no campo (dias)

Este modelo foi utilizado por ser amplamente citado na literatura e por possibilitar o cálculo da taxa de decomposição independente do período de exposição e do número de retiradas do campo, bem como do intervalo entre as mesmas. Por meio das equações ajustadas para cada ecossistema e tamanho de malha foi possível calcular a taxa de anual de decomposição ( $k$  anual), obtida pela multiplicação do  $k$  pelo período de 270 dias.

A fitomassa remanescente foi usada para se determinar o peso inicial sem cinzas e o peso final sem cinzas. Esta determinação do peso sem cinzas é importante porque o material em contato com o solo sofre contaminação com outros materiais, portanto faz-se necessário descontar do material foliar as cinzas referentes à contaminação. Neste contexto, uma série de três fatores foram calculados para aumentar a acurácia da constante de decomposição:

1) O Fator I refere-se ao teor de umidade inicial das folhas e foi obtido pela divisão entre o peso úmido médio de cinco amostras (de aproximadamente 10g) pelo peso seco médio das mesmas cinco amostras de folhas após secagem em estufa. Portanto:

Fator I = peso úmido / peso seco

Como as folhas confinadas nos *litterbags* estavam com sua umidade ambiente, conhecia-se apenas seu peso úmido inicial. Para se conhecer seu peso seco inicial foi utilizado o fator I (teor de umidade).

2) O peso das cinzas foi determinado por meio de queima de dez amostras de 2g de folhas em mufla a 600 °C durante três horas e posterior pesagem. Uma vez obtido o peso médio das cinzas, este foi dividido pelo peso seco das amostras utilizadas para a queima, obtendo-se o Fator II. Portanto:

$$\text{Fator II} = \text{peso médio das cinzas} / \text{peso seco médio das folhas}$$

O peso seco inicial das folhas, determinado com o Fator I, foi multiplicado pelo fator II (teor de cinzas) para obter-se o peso de cinzas inicial das folhas.

Subtraindo-se o peso de cinzas do peso seco inicial, obteve-se o peso seco inicial sem cinzas. Portanto, o uso dos fatores I e II serviu para se determinar o peso seco inicial sem cinzas.

3) O Fator III diz respeito ao material que ficou em decomposição no campo e foi coletado em diferentes períodos de tempo. Para a determinação deste fator foi necessário, primeiramente, retirar uma amostra de aproximadamente 1g do material que veio do campo e queimá-la em mufla a 600°C durante 3 horas. Com o peso das cinzas calculou-se o Fator III. Portanto:

$$\text{Fator III (teor de cinzas final)} = \text{peso das cinzas do material coletado} / \text{peso seco da amostra do material coletado}$$

Obs.: o Fator III foi calculado individualmente para cada uma das amostras que foi retirada do campo.

Com os dados de peso inicial sem cinzas e peso final sem cinzas, calculou-se a porcentagem de fitomassa remanescente, ou seja, a quantidade de material foliar que não sofreu decomposição, a cada data de coleta. Portanto:

Equação 3:

$$\text{Fitomassa remanescente (\%)} = (\text{peso final sem cinzas} / \text{peso inicial sem cinzas}) \times 100.$$

Esta porcentagem da fitomassa remanescente foi utilizada para o cálculo do k anual.

### **4.3 Delineamento experimental e análises estatísticas**

#### **4.3.1 Análise de dados da composição química e física do solo**

Para testar a hipótese de que solos com diferentes coberturas florestais irão apresentar atributos pedológicos distintos entre si, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (ACP) com os seguintes atributos: alumínio, argila, areia, cálcio, magnésio, matéria orgânica, fósforo, pH e potássio.

A ACP é uma análise de ordenação cujo objetivo é reduzir a complexidade dos dados, representando-os num sistema de novas variáveis ou novas dimensões (eixos). Mediante a correlação das unidades amostrais do estudo com os eixos dos componentes principais é possível visualizar como as unidades amostrais (parcelas) ficaram ordenadas. A ACP foi calculada a partir da matriz de correlação para evitar distorções entre variáveis de diferentes unidades. O número de componentes principais (eixos) foi determinado previamente mediante o critério de Kaiser (McCUNE; GRACE, 2002).

#### **4.3.2 Análise de dados da Respiração Basal do Solo**

Para testar a hipótese de que a Respiração Basal do Solo difere em solos com diferentes coberturas, os dados foram submetidos à análise de variância com um fator (área de estudo); a variável dependente foi a respiração microbiana. O delineamento foi inteiramente casualizado. As médias foram calculadas a partir de quatro repetições e comparadas pelo teste de Tukey. A homogeneidade de variância foi verificada previamente pelo teste de Bartlett. A significância para todos os testes foi de 5% (ZAR, 1999).

#### **4.3.3 Análise de dados da decomposição da serapilheira**

As porcentagens de material remanescente foram calculadas após cada uma das três coletas e ajustadas conforme os fatores de correção descritos nos item 4.2.8.

Os decaimentos de fitomassa foram submetidos a regressões de modelo exponencial negativo e os valores de  $R^2$  utilizados para averiguar se houve ou não ajuste a tal modelo. Finalmente, conforme os decaimentos foram ajustados, aplicou-se a equação proposta por OLSON (1963), para calcular a constante de decomposição.

#### **4.3.4 Análise de dados de Carbono, Nitrogênio e Relação C/N**

Para detectar se existem diferenças estatísticas entre os conteúdos de Carbono, Nitrogênio e relação C/N da serapilheira de *P.taeda*, *E.dunni* e FOM decompostas no seu ambiente de origem foram efetuadas análises de variância com dois fatores (tempo, com dois níveis: Início e término do experimento) e ecossistemas (três níveis *P.taeda*, *E.dunni* e FOM). As diferenças entre as médias foram asseguradas pelo teste de Tukey a 5% de significância. A homogeneidade de variância foi verificada previamente pelo teste de Bartlett. A significância para todos os testes foi de 5% (ZAR, 1999).

#### **4.3.5 Análise de dados da Teoria da Vantagem Doméstica**

O experimento seguiu um delineamento hierarquizado, com três repetições por ecossistema. As porcentagens de perda de peso foram consideradas as variáveis dependentes e o ecossistema o fator. Dentro deste fator (ecossistemas) ficaram aninhados os fatores: tipo de malha (aberta e fechada) e tipo de fitomassa (*Eucalyptus dunnii*, FOM e *Pinus taeda*). A checagem prévia da homogeneidade das variâncias foi efetuada pelo teste de Bartlett (ZAR, 1999). A comparação entre as médias foi efetuada pelo teste de Tukey a 5%.



## 5. Resultados

### 5.1 Solos

Os atributos de fertilidade do solo, referentes aos ecossistemas avaliados, são estatisticamente distintos, em especial o Alumínio (mais relacionado ao plantio de *P. taeda*), o Fósforo (com a FOM) e as bases cálcio e magnésio, somadas com o pH no plantio de *E. dunnii* (Figura 14 e Tabela 2).

Os atributos texturais não influenciaram significativamente na ordenação, pois estão mais correlacionados com o segundo eixo da ACP, que explica 26,38% da variação de dados. Esse resultado ressalta a ideia de que a respiração basal do solo e os atributos microbiológicos dos mesmos são distintos em função da cobertura do solo e não de parâmetros físicos, como areia e argila.

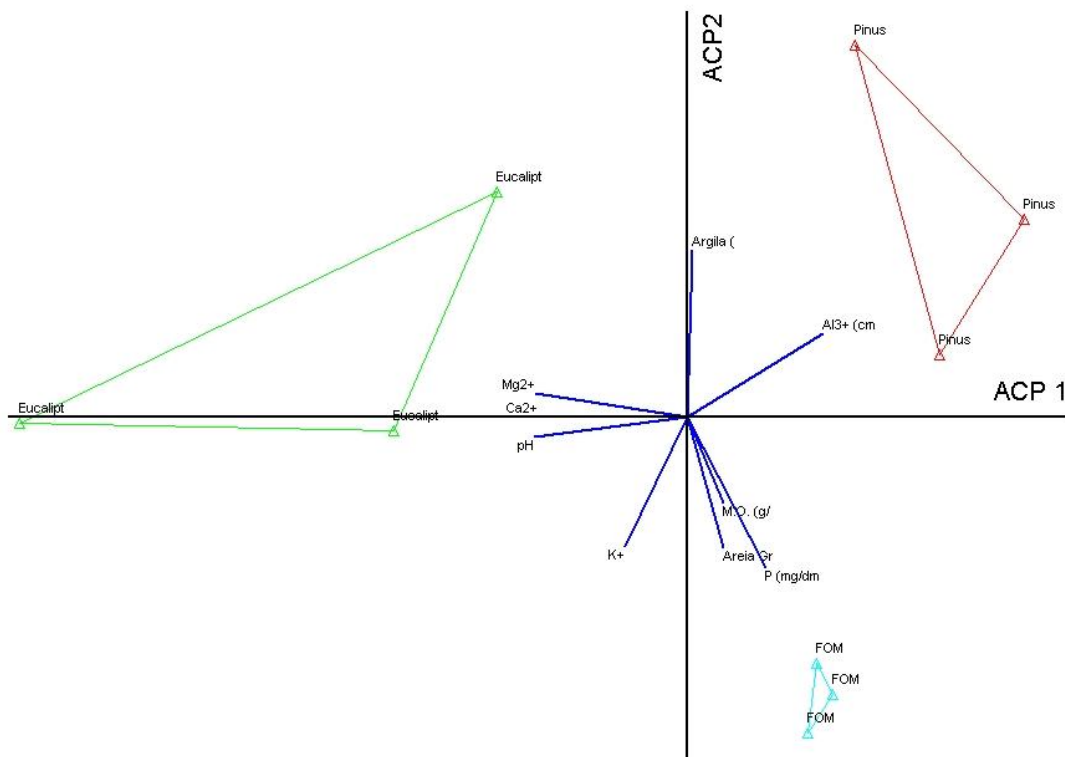


Figura 14. Análise de componentes principais da matriz de atributos pedológicos das áreas de FOM, *E.dunnii* e *P.taeda*. O eixo ACP 1 explica 46,46% da variação de dados e o eixo ACP 2 26,38%.

Tabela 2. Dados de correlação dos atributos pedológicos com os eixos da ACP.

Dados	Eixo 1	Eixo 2
pH (CaCl <sub>2</sub> )	-0.4837	-0.0617
K <sup>+</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> )	-0.1957	-0.4115
Ca <sup>2+</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> )	-0.4733	0.0013
Mg <sup>2+</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> )	-0.4800	0.0736
Al <sup>3+</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0.4305	0.2641
M.O. (g/dm <sup>3</sup> )	0.1155	-0.2730
P (mg/dm <sup>3</sup> )	0.2481	-0.4786
Areia (g/100g)	0.1131	-0.4118
Argila (g/100g)	0.0164	0.5278

Os atributos pedológicos que tiveram uma maior correlação com o eixo 1 foram o pH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>, assim, foram os elementos que mais influenciaram na ordenação. O K<sup>+</sup>, P, areia e argila tiveram uma correlação alta com o eixo 2, porém não houve uma influência significativa.

## 5.2 Respiração Basal Do Solo (RBS)

Os valores de respiração do solo encontrados podem ser vistos na Tabela 3. Estes valores estão em consonância com os verificados na literatura para Floresta Ombrófila em estágio inicial de sucessão (PEÑA, 2002) e plantio de *P. taeda* e *E. dunnii* (ASSIS JUNIOR et al., 2003). Não houve diferença significativa entre as médias das áreas de *E.dunnii* e do *P.taeda*. As áreas apresentaram diferença significativa entre si, pois o valor encontrado pela análise estatística foi de  $F_{(2, 9)} = 6,087$  e  $p = 0,0213$  (Figura 15).

Tabela 3. Valores de respiração do solo encontrados para FOM (Floresta Ombrófila Mista), plantio de *E. dunnii* e *P. taeda*.

Ecosistema	RBS (mg C C-CO <sub>2</sub> . Kg <sup>-1</sup> solo. h <sup>-1</sup> )
FOM	6,09
<i>E. dunnii</i>	1,88
<i>P. taeda</i>	2,98

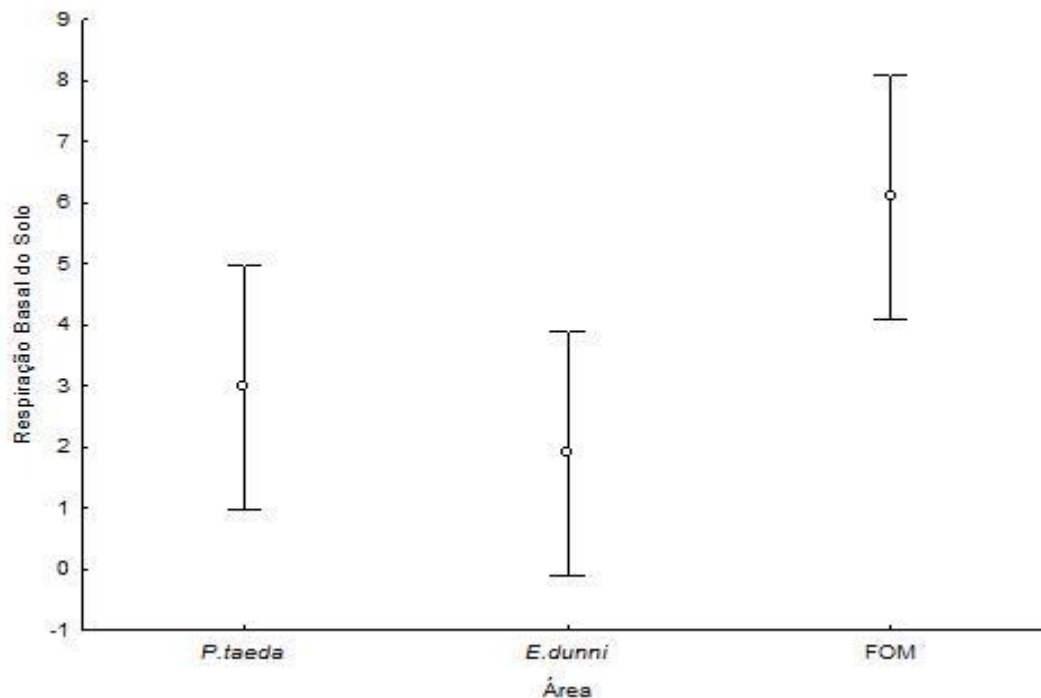


Figura 15. Média dos valores de RBS (mg C-CO<sub>2</sub> .Kg<sup>-1</sup> solo . h<sup>-1</sup>) áreas de *P. taeda*, *E. dunni* e FOM.

A comparação estatística das médias demonstrou que a respiração microbiana do solo oscilou significativamente conforme a cobertura florestal, sendo que o trecho com *E. dunni* apresentou a menor média, seguido pelo *P. taeda* e pela FOM. Os valores da respiração nos trechos de *E. dunni* e *P. taeda* não diferiram significativamente entre si. É importante destacar que a FOM apresentou a maior média de respiração do solo, provavelmente por possuir uma maior diversidade vegetal e conseqüentemente, maior qualidade de serapilheira e um solo mais rico em matéria orgânica e nutrientes (CARVALHO, 2005). De fato a espacialização dos dados de respiração do solo, representados nos diferentes ecossistemas pela Figura 16, demonstra visualmente como existe maior heterogeneidade espacial de respiração no ecossistema de FOM.

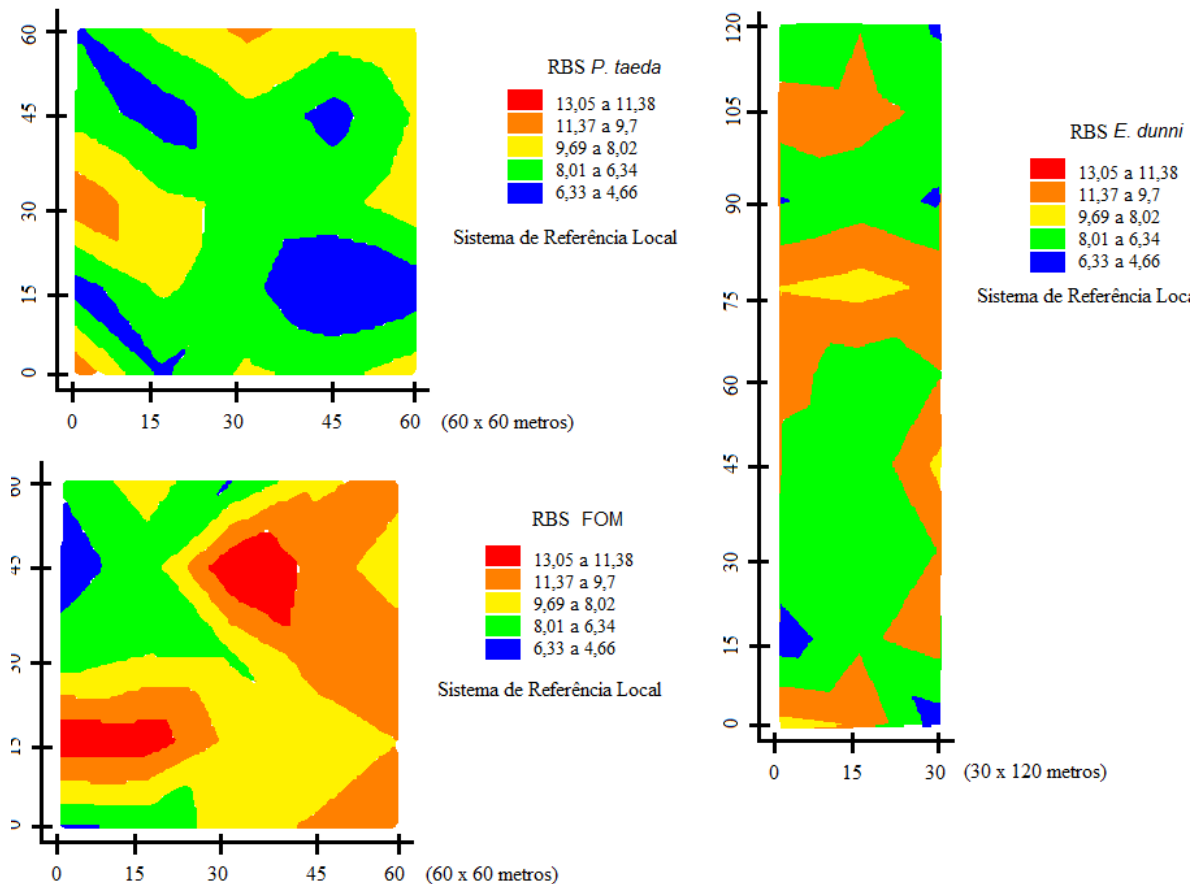


Figura 16. Mapas temáticos da Respiração Basal do Solo em três ecossistemas distintos na região de Irati – Paraná.

Esses resultados confirmam que as atividades destes microrganismos podem servir como indicadores biológicos da estabilidade e produtividade dentro de um sistema em que os processos microbianos fazem parte da qualidade do solo.

Segundo Giesselmann et al. (2011) os microrganismos são seres muito sensíveis e podem ser influenciados pelos fatores bióticos, com o tipo de cobertura florestal, que junto a outros parâmetros, irá determinar a qualidade da serapilheira, que por sua vez interfere na comunidade decompositora e, portanto, nos microrganismos e na respiração microbiana. Fatores abióticos, como temperatura, pluviosidade e pH do solo, também interferem no processo (VARGAS; SCHOLLES, 2000).

### 5.3 Fitomassa Remanescente e Constante de Decomposição

A fitomassa remanescente após o período de 270 dias do material em campo proveniente do plantio de *E.dunni* pode ser observada na Figura 17. Durante esse período houve um decréscimo na fitomassa confinada nos *litterbags*, pois foi consumida pelos macro e microdecompositores presentes no ecossistema. Tanto na malha fechada (1 mm) como na aberta (5 mm) a decomposição foi uniforme. As duas malhas apresentaram uma alta correlação com o tempo em campo, sendo  $R^2$ : 0,8743 para a malha de 1mm e  $R^2$ : 0,8833 para a de 5 mm.

A malha na qual a serapilheira foi melhor decomposta foi a de 5 mm, a qual permitia-se a entrada de macrodecompositores, como aconteceu também no trabalho de Giesselmann et al. (2011) em floresta tropical.

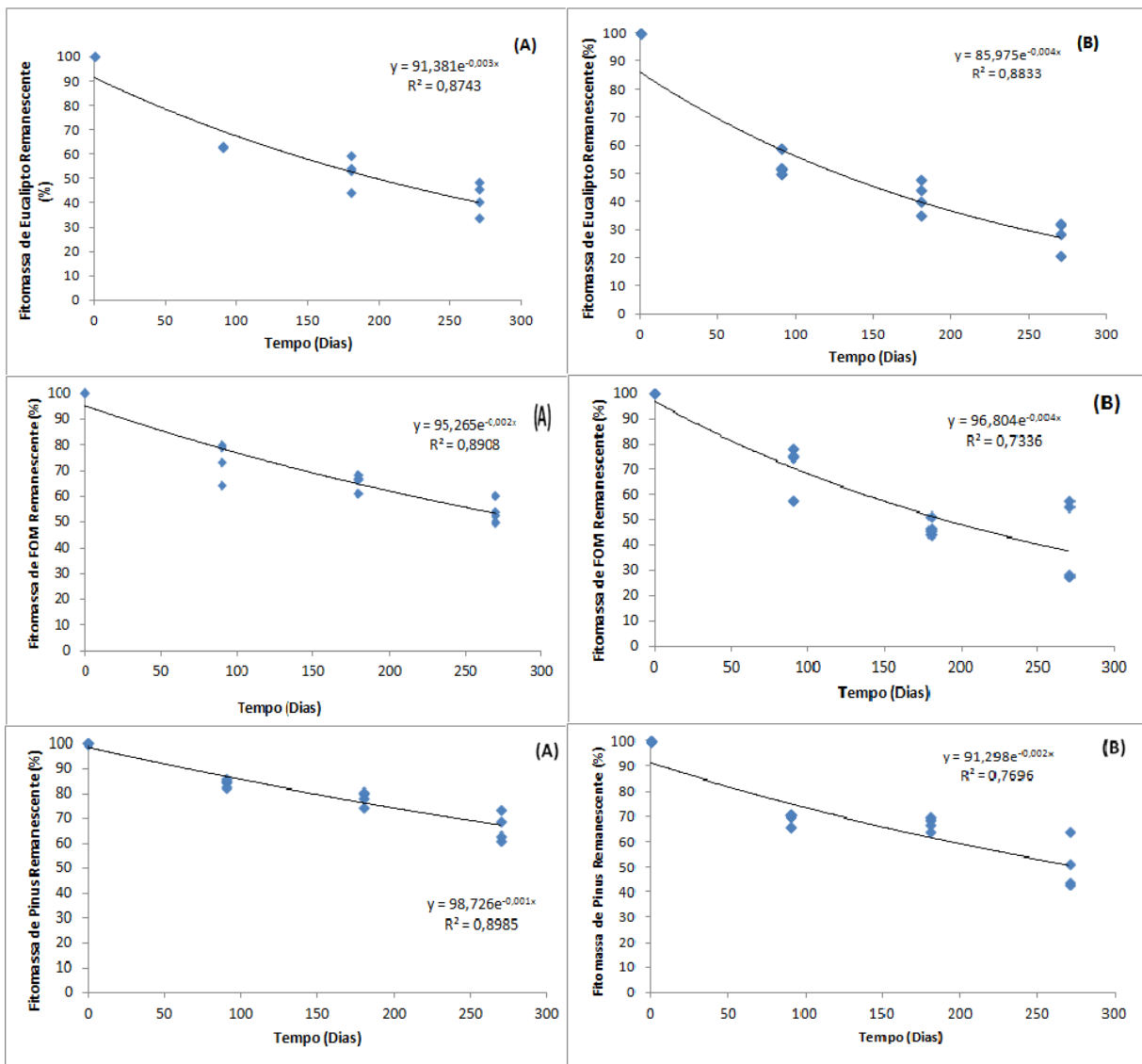


Figura 17. Fitomassa restante de *E. dunni*, FOM e *P. taeda* na malha de 1 mm (A) e 5 mm (B) na área de *E. dunni*.

Após 270 dias em campo fitomassas provenientes da FOM e do plantio de *P. taeda* perderam mais peso na malha de 5 mm. O tempo e a área apresentaram uma alta correlação, sendo R<sup>2</sup>: 0,8908 e R<sup>2</sup>: 0,7336 para malha de 1 mm e 5 mm da FOM e R<sup>2</sup>: 0,8985 e R<sup>2</sup>: 0,7696 para a malha de 1 mm e 5 mm do *P. taeda* (Figura 18).

Na Figura 18 a fitomassa remanescente corresponde a da Floresta Ombrófila Mista (FOM). A malha de 1 mm apresentou um R<sup>2</sup>: 0,9411 e a de 5 mm R<sup>2</sup>: 0,9024. A fitomassa remanescente na malha fechada foi de aproximadamente 30% e na malha aberta 40%. Houve uma decomposição maior na malha aberta, devido ao acesso dos

macrodecompositores à serapilheira, demonstrando a importância dos mesmos no processo da ciclagem de nutrientes (OSTERTAG et al., 2008; GIESSELMANN et al., 2011).

Na área de FOM, tanto a fitomassa de *E.dunni* como a de *P.taeda* perderam mais peso na malha de 5 mm. As correlações encontradas para a fitomassa do *E. dunni* foram  $R^2$ : 0,6316 e  $R^2$ : 0,8009 para a malha de 1 mm e 5 mm, Para a fitomassa do *P.taeda* foram  $R^2$ : 0,7344 e  $R^2$ : 0,8299 (Figura 18).

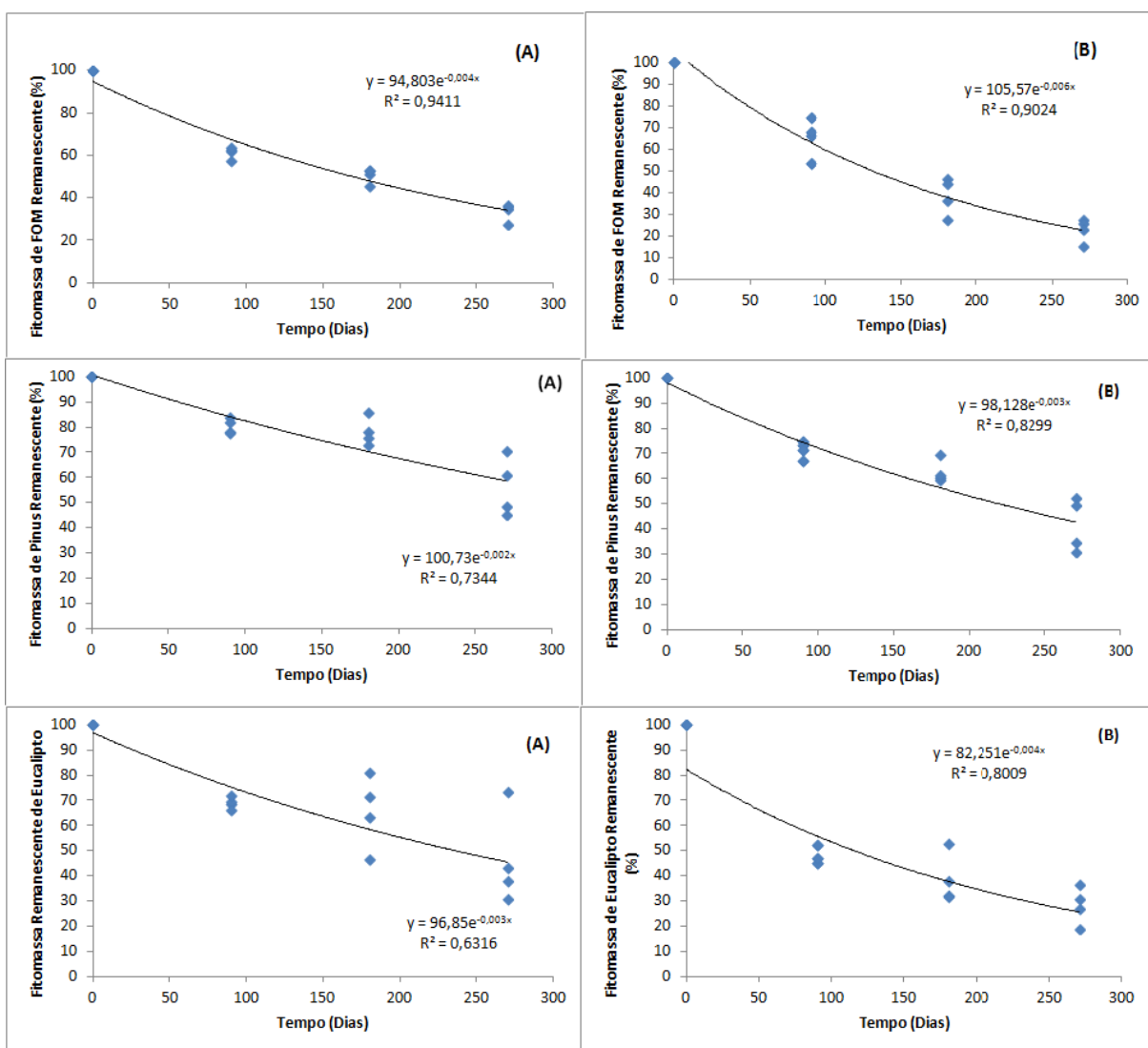


Figura 18. Fitomassa restante de *E. dunni*, FOM e *P. taeda* na malha de 1 mm (A) e 5 mm (B) na área de *E. dunni*.

A fitomassa remanescente do plantio de *P.taeda* está representada na Figura 19. Na malha de 1 mm o material remanescente foi cerca de 43% e na malha de 5mm foi de aproximadamente 60%. A serapilheira confinada nos *litterbags* foi bem decomposta e as duas malhas apresentaram uma alta correlação com o tempo em campo, sendo  $R^2$ : 0,8407 para a malha de 1 mm e  $R^2$ : 0,856 para a de 5 mm.

A malha na qual a serapilheira foi melhor decomposta foi a de 5 mm, a qual permitia-se a entrada de macrodecompositores. Houve uma alta correlação entre a área de *P. taeda* e o tempo das outras serapilheiras. Para o *E.dunni* foi encontrado  $R^2$ : 0,7685 para malha de 1 mm e  $R^2$ : 0,7896 para a de 5 mm. Já a FOM apresentou uma alta correlação somente na malha de 1 mm  $R^2$ : 0,9117 (Figura 19).

A decomposição das acículas do *P.taeda* foi menor do que a serapilheira do *E.dunni* e da FOM. Isso se dá pelo fato das acículas possuírem nutrientes limitados e não atrativos aos microrganismos (BLAIR; BEARE,1990).



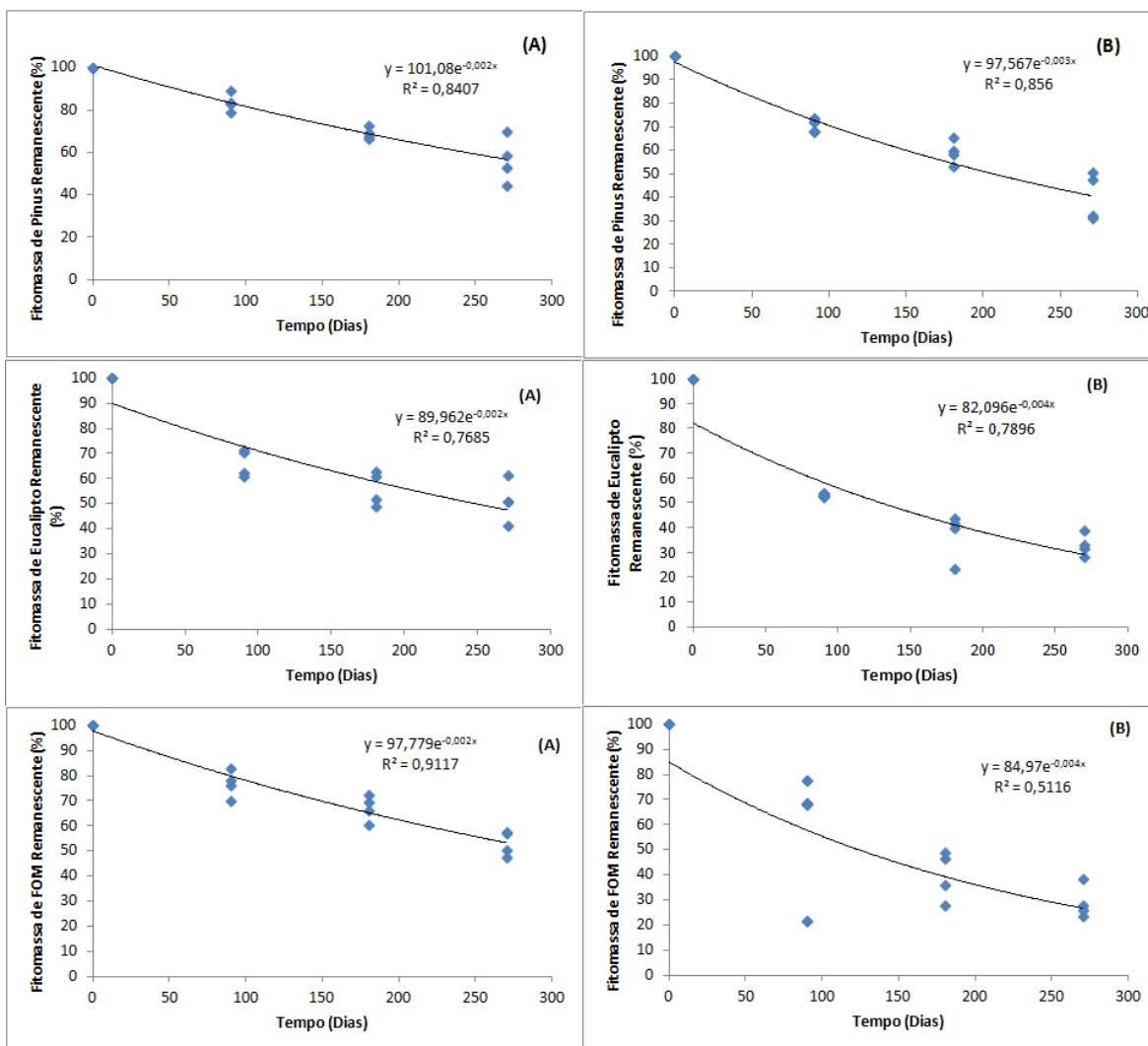


Figura 19. Fitomassa restante de *E. dunnii*, FOM e *P. taeda* na malha de 1 mm (A) e 5 mm (B) na área de *P. taeda*.

As constantes de decomposição ( $k$ ) calculadas nas três áreas de estudo referentes à malha de 1 mm são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Constantes de decomposição ( $k$ ) na malha de 1 mm.

Trecho	Fonte de Serapilheira		
	<i>E. dunnii</i>	FOM	<i>P. taeda</i>
<i>E. dunnii</i>	0,047884	0,031901	0,018974
FOM	0,038381	0,052614	0,023869
<i>P. taeda</i>	0,041344	0,030036	0,024432

As constantes de decomposição (k) calculadas nas três áreas de estudo referentes à malha de 5 mm são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Constantes de decomposição (k) na malha de 5 mm.

Trecho	Fonte de Serapilheira		
	<i>E.dunni</i>	FOM	<i>P.taeda</i>
<i>E.dunni</i>	0,094409	0,06092	0,051035
FOM	0,089403	0,081887	0,053183
<i>P.taeda</i>	0,094166	0,096189	0,056645

Todas as amostras confinadas nos *litterbags* de 5 mm foram decompostas mais rapidamente. Esses resultados demonstram o papel exercido pelos macrodecompositores e a sua influência no processo de decomposição em concordância com o que afirmam LAVELLE et al. (1993) e GHOLZ et al.(2000).

Gama-Rodrigues et al. (2002), em consonância com este estudo, encontrou que as condições ecofisiológicas que a floresta natural proporciona, resulta em uma maior taxa de decomposição em relação ao ambiente de plantios.

Ainda, pode-se destacar a importância destes microrganismos no serviço ambiental da ciclagem de nutrientes, pois sem eles o processo de liberação de compostos disponíveis para consumo dos produtores seria afetado, perturbando o funcionamento do ecossistema (MASON, 1980; WARDLE et al., 2003; PRESCOTT, 2005) .

#### 5.4 Relação C/N, Carbono e Nitrogênio

A relação C/N e porcentagem de carbono na serapilheira contida na malha de 5 mm proveniente e decomposta do seu próprio local diferiu significativamente entre as áreas ( $F_{(16;21)}= 40,58$  e  $p < 0,01$ ). O tempo influenciou significativamente na relação dos nutrientes (C/N) nas três áreas ( $F_{(16;21)}= 64,31$  e  $p < 0,01$ ). Não houve interação significativa entre o tempo e a área na decomposição ( $F_{(16;21)}= 3,84$  e  $p =0,04$ ) (Figura 20).

Na malha de 1 mm houve influência significativa do tempo na relação C/N ( $F_{(13;18)} = 24,808$  e  $p < 0,01$ ) e da área ( $F_{(13;18)} = 8,331$  e  $p < 0,01$ ). Não houve relação significativa entre o tempo e a área na decomposição ( $F_{(13;18)} = 0,416$  e  $p = 0,66$ ) (Figura 21).

Em ambas as malhas e nas três áreas, a porcentagem de carbono na serapilheira diminuiu e a relação C/N aumentou como ocorreu também no trabalho de BERG & STAAF(1981). Houve interferência significativa da área na porcentagem de carbono na malha de 5 mm ( $F_{(16;21)} = 11,687$  e  $p < 0,01$ ) e na de 1 mm ( $F_{(13;18)} = 9,646$  e  $p < 0,01$ ). Isso ocorreu devido a diferença de decomposição entre as áreas, sendo que as áreas onde ocorreram as maiores taxas de decomposição, foram aquelas que tiveram as menores porcentagens de carbono.

O tempo também influenciou significativamente no carbono das duas malhas. Para a malha de 5 mm  $F_{(16;21)} = 6,349$  e  $p < 0,01$  e para a de 1 mm  $F_{(13;18)} = 1,985$  e  $p < 0,01$ . A serapilheira foi decomposta gradativamente, devido ao tempo em campo. Por outro lado, não houve interação significativa entre o tempo e a área na decomposição para as duas malhas, para a malha de 5 mm foi obtido  $F_{(16;21)} = 0,452$  e  $p = 0,644$  e para a de 1 mm  $F_{(13;18)} = 0,448$  e  $p = 0,648$  (Figuras 20 e 21).

A porcentagem de carbono restante foi maior na malha de 1 mm, pois esta malha não permitia a entrada de macro e mesodecompositores, desacelerando a decomposição (Figuras 20 e 21).

Swift et al (1979) encontrou que a relação C/N influencia diretamente na decomposição. Com a relação C/N baixa, há pouca lignina e poucos compostos secundários, facilitando a decomposição. A FOM apresentou a relação C/N mais baixa dentre as três áreas e foi a mais decomposta e bem aceita pela comunidade de microrganismos.

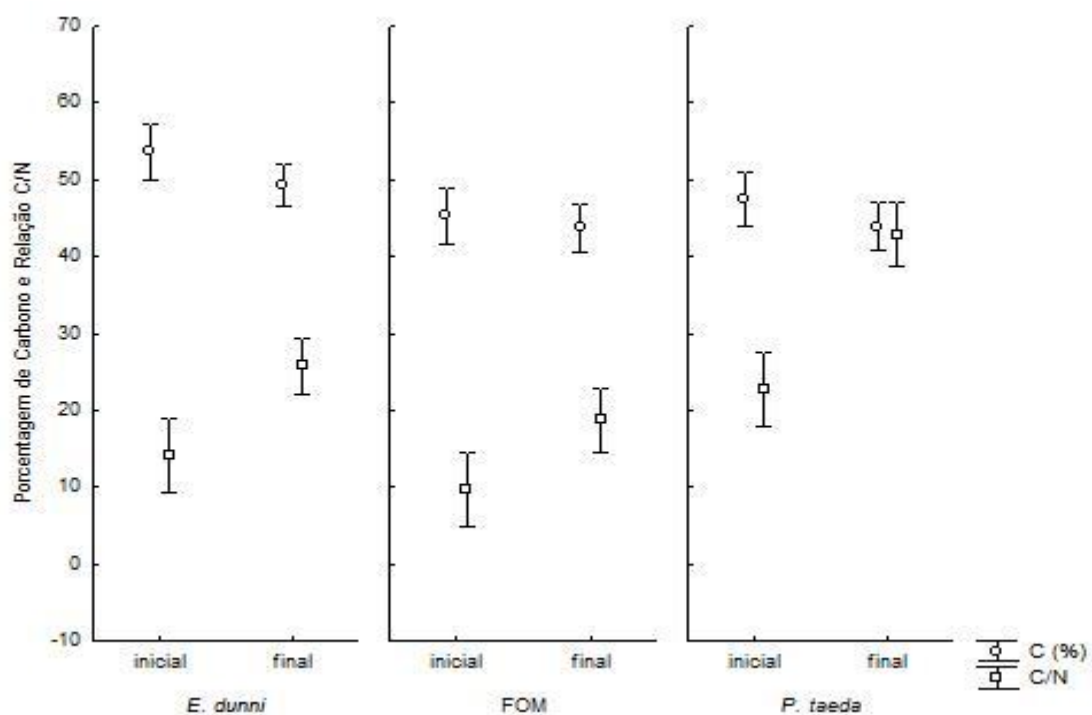


Figura 20. Relação C/N e porcentagem de carbono nas malhas de 5 mm nas amostras de *E.dunni*, *P.taeda* e FOM no tempo inicial (0 dias) e final (270 dias).

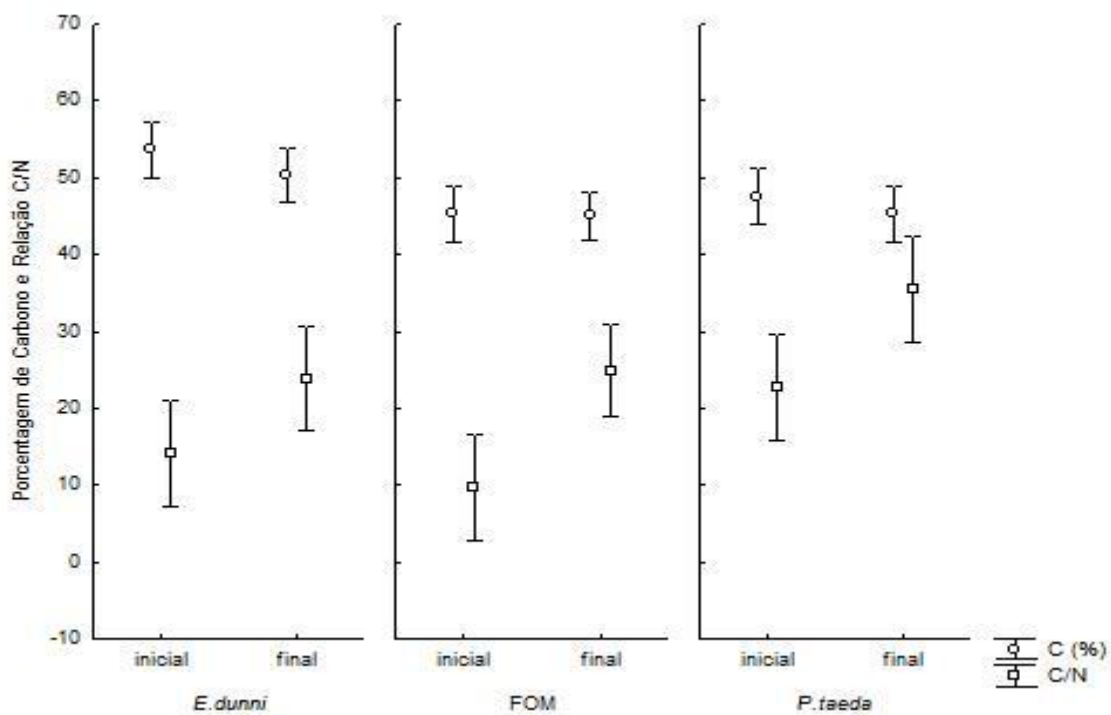


Figura 21. Relação C/N e porcentagem de carbono nas malhas de 1 mm nas amostras de *E.dunni*, *P.taeda* e FOM no tempo inicial (0 dias) e final (270 dias).

A porcentagem de nitrogênio encontrada na malha de 5 mm pode ser observada na Figura 22. Inicialmente a concentração de nitrogênio era maior na serapilheira da FOM, seguida por *E.dunni* e *P.taeda*. Após 270 dias em campo, o nitrogênio foi consumido uniformemente nas três áreas. As áreas diferiram estatisticamente entre si e influenciaram significativamente na porcentagem de nitrogênio ( $F_{(2, 16)} = 77,390$  e  $p < 0,01$ ). O tempo influenciou significativamente na decomposição do nitrogênio ( $F_{(2, 16)} = 182,381$  e  $p < 0,01$ ) e a relação tempo e área também influenciou ( $F_{(2, 16)} = 7,098$  e  $p < 0,01$ ).

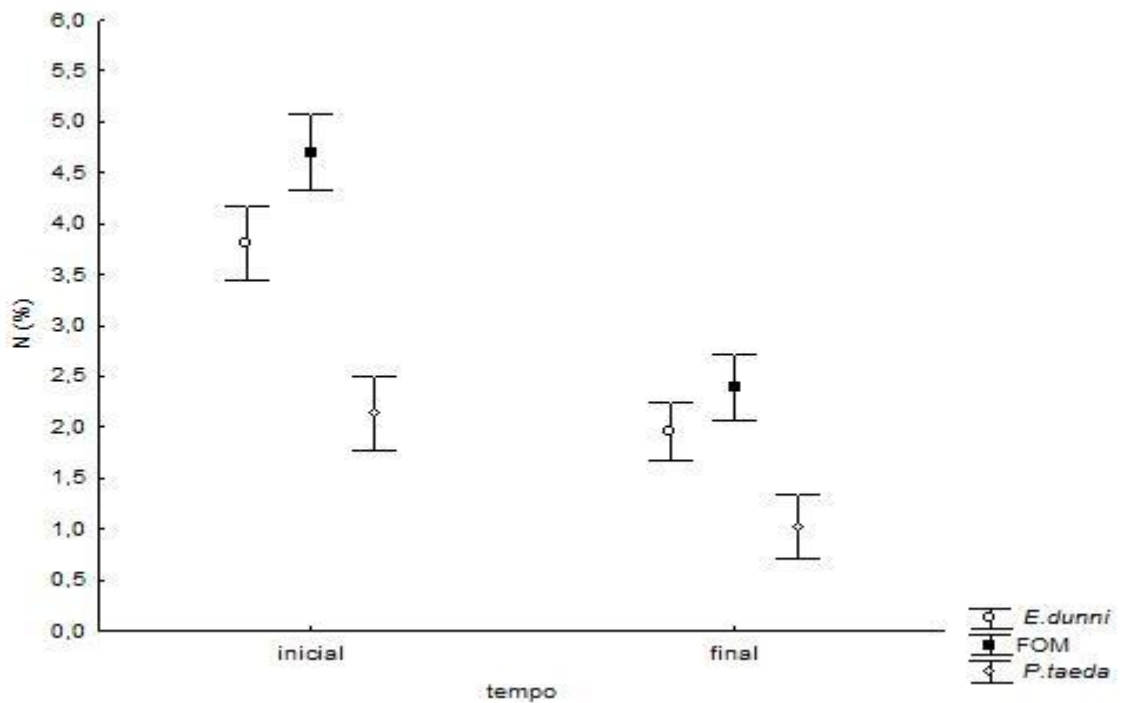


Figura 22. Porcentagem de nitrogênio nas malhas abertas (5 mm) nas amostras de *E.dunni*, *P.taeda* e FOM, no tempo inicial (0 dias) e final (270 dias).

Na malha de 1 mm a concentração de nitrogênio inicial seguiu o padrão da malha de 5 mm. As médias dos 270 dias em campo da serapilheira de *E. dunni* e da FOM não diferiram estatisticamente, porém diferiram significativamente da serapilheira do *P. taeda*. As três áreas influenciaram significativamente na porcentagem de nitrogênio ( $F_{(2, 13)} = 25,3013$  e  $p < 0,01$ ). O tempo influenciou significativamente na decomposição do nitrogênio ( $F_{(2, 13)} = 75,3699$  e  $p < 0,01$ ) e a relação tempo e área

também influenciou ( $F_{(2, 13)} = 7,0791$  e  $p < 0,01$ ). Pela análise podemos afirmar que o nitrogênio presente nas acículas do *P.taeda* não foi bem decomposto em relação às outras espécies que tiveram uma decomposição bem mais acelerada (Figura 23).

Isso ocorreu porque a composição dos vegetais influencia diretamente na qualidade da serapilheira depositada. Como a FOM assenta-se sob solo mais fértil e apresenta mais diversidade vegetal do que as outras áreas, as plantas produzem uma serapilheira mais rica em nutrientes, com maiores concentrações de nitrogênio e fósforo em seus tecidos, favorecendo a decomposição (PONS et al., 1998).

Por esse motivo, é de extrema importância que plantios consorciados sejam manejados de forma sustentável, de forma que se danifique menos a fauna e flora local. A economia deve crescer, mas também se deve garantir o menor dano possível ao meio ambiente (VEIGA, 2008; JARA, 2001).

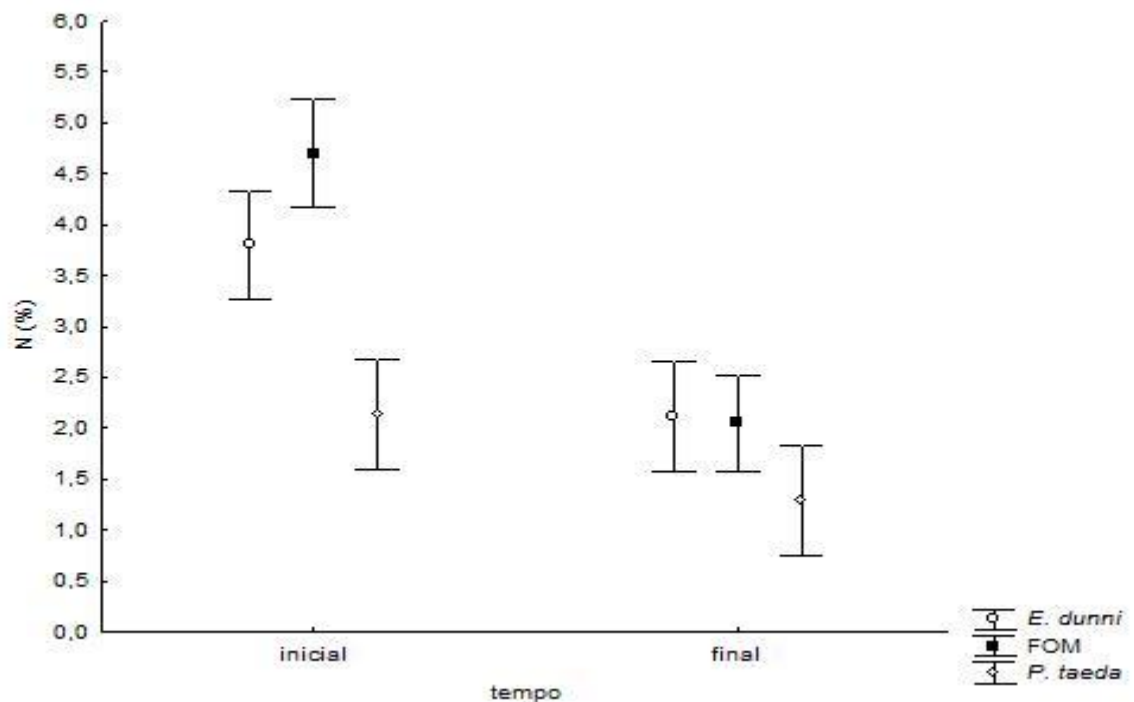


Figura 23. Porcentagem de nitrogênio nas malhas fechadas (1 mm) nas amostras de *E.dunni*, *P.taeda* e FOM, no tempo inicial (0 dias) e final (270 dias).

## 5.5 Vantagem Doméstica

Os resultados apresentados nas figuras 24 e 25 descrevem as fases inicial e intermediária da decomposição da serapilheira, onde cerca de 50% do material é decomposto, em conformidade com os resultados encontrados por Golley et al. (1975) e Mason et al. (2011). No período inicial, a decomposição é reconhecidamente mais rápida (PIRES, 2000) e foi exatamente isso que aconteceu no período de 90 dias. Os valores encontrados foram  $F_{(18;81)}: 24,991$   $p < 0,01$  para a malha de 1mm e  $F_{(18;115)}: 18,986$   $p < 0,01$  para a de 5 mm, mostrando que houve diferença significativa entre as áreas.

Os *litterbags* de 1 mm tiveram material remanescente maior do que os de 5 mm, por este não permitir a entrada de macrodecompositores, mostrando a importância deles no papel de decomposição. Em todas as áreas as acículas de *P. taeda* não foram bem aceitas pela comunidade de decompositores, provavelmente por ser um material pobre em nutrientes e substâncias não palatáveis, como a resina.

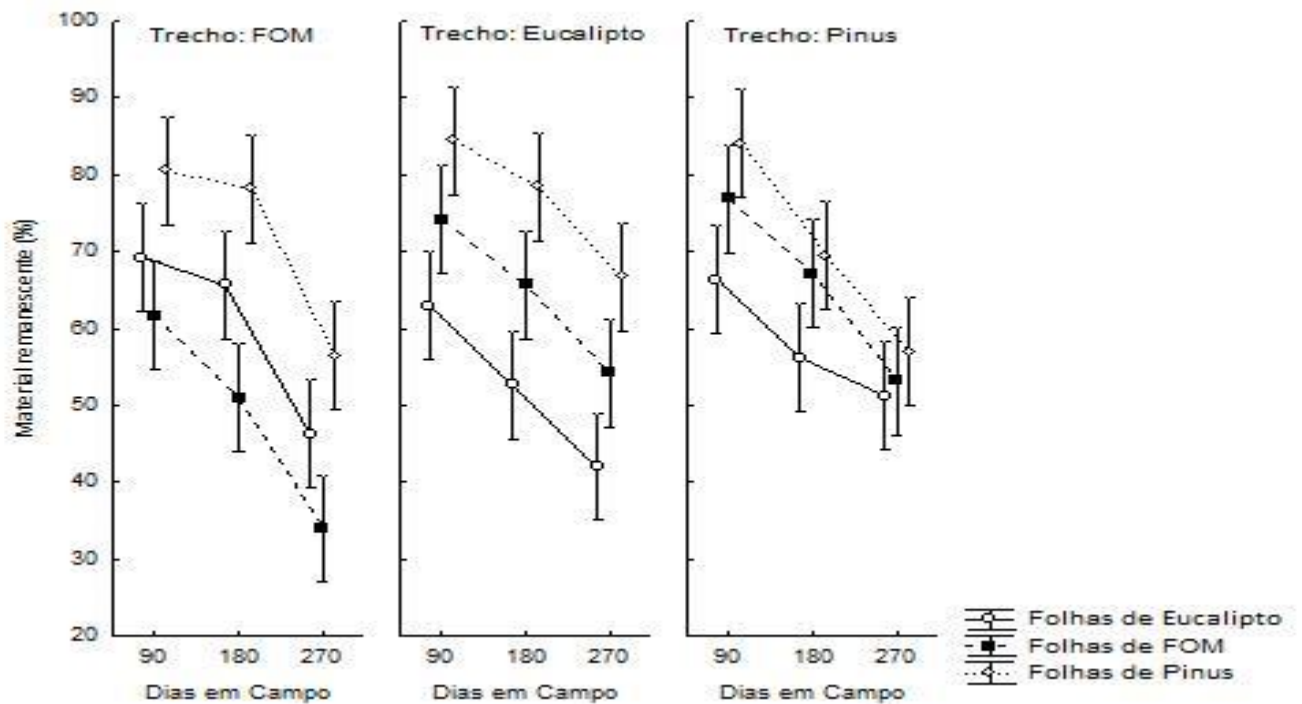


Figura 24. Perda de peso das amostras coletadas feitas com malha de 1 mm de abertura, durante os períodos de 90, 180 e 270 dias nas áreas (*Eucalyptus dunnii*, Floresta Ombrófila Mista e *Pinus taeda*). Os

valores representam as médias e as barras representam as diferenças médias significativas para o teste de Tukey a 5% de significância.

A comunidade de macrodecompositores interferiu significativamente na decomposição da serapilheira, pois a dinâmica do peso remanescente durante os 270 dias do material em campo foi distinta entre as diferentes aberturas da malha (Figuras 24 e 25). Observou-se que a perda de peso foi maior nos *litterbags* que apresentavam malha de 5 mm. Este tamanho de abertura permite o acesso da comunidade de macrodecompositores a serapilheira, diferente da malha de 1 mm. Nos trópicos úmidos a influência da macrofauna na decomposição é bem documentada (LAVELLE et al, 1993; GHOLZ et al, 2000), Schmidt et al (2008) e Giesselmann et al (2010; 2011) também encontraram efeito significativo da comunidade de decompositores na decomposição da serapilheira, em trechos de Floresta Atlântica do sul do Brasil, usando o mesmo tipo de metodologia do presente estudo.

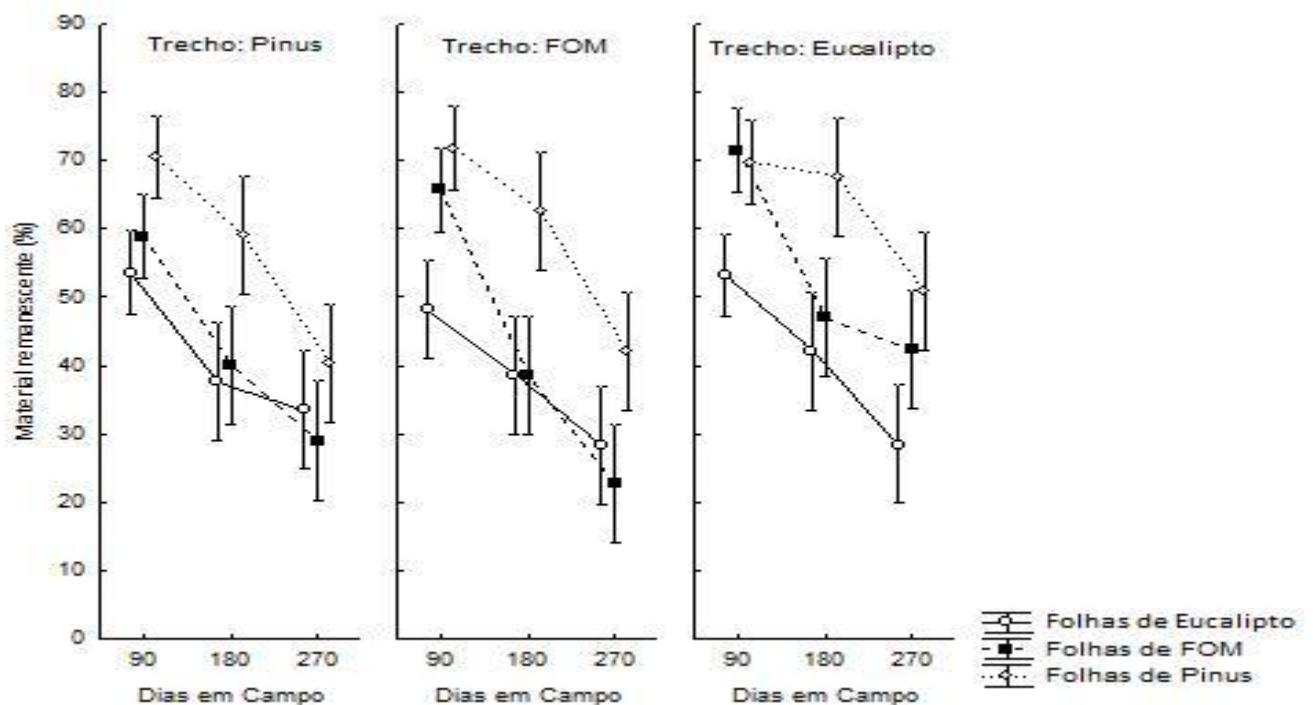


Figura 25. Perda de peso das amostras coletadas feitas com malha de 5 mm de abertura, durante os períodos de 90, 180 e 270 dias nas áreas (*Eucalyptus dunni*, Floresta Ombrófila Mista e *Pinus taeda*). Os valores representam as médias e as barras representam as diferenças médias significativas para o teste de Tukey a 5% de significância.



A serapilheira da FOM e do plantio de *E.dunni* foram as com maior grau de decomposição no seu local de origem nas duas malhas, confirmando a Hipótese da Vantagem Doméstica. Já na área de *P.taeda*, a serapilheira de *E.dunni* foi a mais decomposta, seguida da FOM. Os resultados indicam que existe afinidade entre a comunidade de macro e microdecompositores com a comunidade arbórea na qual ela está inserida (OSTERTAG et al.,2008; GIESSELMANN et al., 2011).

A serapilheira de *E.dunni* foi bem aceita pela comunidade de decompositores das outras áreas. Esse fato deve-se à concentração de nitrogênio presente na serapilheira, conforme apresentada no item 5.4.

Os *litterbags* que continham serapilheira da FOM sofreram perda de peso uniforme nas três áreas analisadas, diferente das outras espécies, que apresentaram decomposição mais lenta fora do seu ambiente de origem (Figura 25). A serapilheira da FOM é mais rica em nutrientes e compostos orgânicos disponíveis, devido à maior diversidade de espécies arbóreas, disponibilizando mais recursos para a comunidade decompositora (SCHMIDT et al. ,2008), ao contrário das monoculturas que apresentam recursos limitados, quando comparadas a florestas ou plantios consorciados (BLAIR; BEARE,1990; COÛTEAUX; et al, 2010).

## 6. Conclusões

a) Os solos são comparáveis texturalmente e os atributos químicos diferiram entre as três áreas, o que demonstra que as características químicas do solo podem ser influenciadas pela composição arbórea.

b) A respiração basal do solo apresentou diferença significativa entre as três áreas e nos mapas temáticos, demonstrando que o fluxo de CO<sub>2</sub> liberado pelos microrganismos é estatisticamente e espacialmente distinto entre os três ecossistemas.

c) A comunidade de macrodecompositores exerce papel significativo na decomposição da fitomassa e na ciclagem de nutrientes, já que é responsável por decompor uma quantidade maior de fitomassa e em menor tempo.

d) O nitrogênio demonstrou ser altamente palatável para os microrganismos, sendo a liteira com maior concentração original do mesmo a mais decomposta.

e) Existe uma elevada afinidade da macro e microfauna para decompor a serapilheira no seu local de origem, o que demonstra o importante papel desta na decomposição da fitomassa, confirmando a hipótese da vantagem doméstica.

## 7. Referências Bibliográficas

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such pH, on the microbial biomass of forest soil. **Soil Biology and Biochemistry**. Oxford, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**. V. 21, n. 4, p. 471-479, 1989.

ASSIS JR. S. L., ZANUNCIO J. C., KASUYA M. C. M., COUTO R., MELIDO R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**; v.27, p. 35-41. 2003.

ATLÂNTICA, SOS Mata. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**. 2014.

AYRES, E., DROMPH, K. M., BARDGETT, R. D. Do plant species encourage soil biota that specialise in the rapid decomposition of their litter? **Soil Biol. Biochem.** 38, p.183–186. 2006.

AYRES, E., STELTZER, H., BERG, S., WALL, D. H. Soil biota accelerate decomposition in high-elevation forests by specializing in the breakdown of litter produced by the plant species above them. **J. Ecol.** 97, 901–912. 2009a.

AYRES, E., STELTZER, H., SIMMONS, B. L., SIMPSON, R. T., STEINWEG, J. M., Wallenstein, M. D., Mellor, N., Parton, W. J., Moore, J. C., Wall, D. H. Home-field advantage accelerates leaf litter decomposition in forests. **Soil Biol. Biochem.** 41, 606–610. 2009b.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 641-649, 1998.

BARIANI, C. J. M. V.; ZANELLA, A.; PAZDIORA, P. C.; RAMOS, A.; BARRETO, C. F.; FELICE, R. D.; BARIANI, N. M. V. Análise de parâmetros microbiológicos e cloreto para monitoramento integrado em microbacias urbanas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR)., 2011, Curitiba. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 5654-5662. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A45FJH>>. Acesso em: 20 jul. 2016.

BECKER, F. G; SEEHUSEN, S. E. **Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Brasília: MMA, 280 p. 2011.

BERG, B.; STAAF, H. Decomposition rate and chemical changes of Scots pine needle litter. II. Influence of chemical composition. **Ecol. Bull.**, v.32, p.363-72. 1981.

BLAIR, J. M., PARMELEE, R. W., BEARE, M. H., 1990. Decay rates nitrogen fluxes, and decomposer communities of single and mixed species foliar litter. **Ecology** 71,1976–1985.1990.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. p. 313. ISBN 85-7605-041-2. 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Primeiro relatório nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica: Brasil**. Brasília, 283 p. 1998.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Conservação da Biodiversidade. **Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Brasília: MMA, 280 p. 2011.

BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, v.2, p.101-157, 1964.

CALIXTO, J. B.. **Biodiversidade como fonte de medicamentos**. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v.55, n.3, Sept. 2003. (Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S000967252003000300022&lng=en&nrm=iso](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000967252003000300022&lng=en&nrm=iso)). Acessado em 15/06/2016.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. In: FELGUEIRAS, C. A. ; CÂMARA, G. **Modelagem Numérica do Terreno**. São José dos Campos, São Paulo - INPE. p.7-36. 2001.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução à ciência da geoinformação**. 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>> Acesso em: 15/02/2016.

CAMPANILI, M; SCHAFFER, W. B. **Mata Atlântica: Manual De Adequação Ambiental**. Brasília: MMA/SBF. 96 p. 2010.

CARVALHO, F. de. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em floresta de *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no estado de São Paulo**. 2005. 95 f. (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba, 2005.

CASTELLA, P. R.; BRITZ, R. M. A Floresta com Araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente**, 236 p., 2004.

CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Informativo CEPEA setor florestal** – exportações de celulose e papel continuaram a crescer em janeiro. n. 146. Piracicaba – SP. Fev/2014.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, Gabriel de Araújo; CAMARGO, Flávio A. de O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Ed. Gênese, 1999. 508p.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; BELT, M. VAN DEN. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. **Nature**, v. 387, 1997.

DELITTI, W. B. C. Estudos da ciclagem de nutrientes: instrumentos para análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis**. p. 469-486. 1995.

DIEGUES, A. C.; Arruda, R. **Saberes tradicionais e biodiversidade no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; São Paulo: USP, 2001.

DOSSA, D.; SILVA, H. D. da; BELLOTE, A. F. J.; RODIGHERI, H. R. **Produção e Rentabilidade de Pinus, em empresas florestais**. 2002, disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br>> Acesso em: 25/10/2015.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Curitiba: Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. p.86. 1986.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** - Brasília. Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 412 p. 1999.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>)**. Comunicado técnico n. 99. Seropédica – RJ, ago/2007a.

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

FELGUEIRAS, C. A; CÂMARA, G. Modelo numérico do terreno. In: DRUCK, S. et. al.. **Análise espacial de dados geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2004.

FELGUEIRAS, C. A.; GOODCHILD, M. F., 1995. "Two Papers on Triangulated Surface Modeling". Relatório Técnico 95-2 do National Center for Geographic Information and Analysis - NCGIA. University of California, Santa Barbara, CA, U.S.A. FEIGL, B.J. **Dinâmica da matéria orgânica do solo na sucessão floresta/pastagem na Amazônia (Rondônia)**. 68p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1994.

**Flora do Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 11 Jul. 2016.

GAMA-RODRIGUES, A. C. & BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, 29: 193-2007, 2002.

GAMA-RODRIGUES, E F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. *In*: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**, Porto Alegre, p. 227-243. 1999.

GEISSELMANN, U. ; MARTINS, K. G. ; BRANDLE, M., SCHADLER , M., MARQUES, R. ; BRANDL, R. Lack of home-field advantage in the decomposition of leaf litter in the Atlantic. **Applied Soil Ecology**. v.49, p.5-10. 2011.

GEISSELMANN, U. ; MARTINS, K. G. ; BRANDLE, M., SCHADLER , M., MARQUES, R. ; BRANDL, R. Diversity and ecosystem functioning: litter decomposition dynamics in the Atlantic Rainforest. **Appl. Soil Ecol.** 46, 283–290. 2010.

GHOLZ, H. L., WEDIN, D. A., SMITHERMAN, S. M., HARMON, M. E., PARTON, W. J.. Long-term dynamics of pine and hardwood litter in contrasting environments: toward a global model of decomposition. **Global Change Biology** 6, p.751–765. 2000.

GIANSANTI, ROBERTO. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. 4. ed. São Paulo: Atual,1998.

GODDARD, M. R., BRADFORD, M. A. The adaptive response of natural microbial population to carbon- and nitrogen-limitation. **Ecol. Lett.** 6, 594–598. 2003.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I.; DUEVER, M.J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: E.P.U EDUSP, 256 p. 1978.

GOLLEY, F. B; MCGINNIS, J. T; CLEMENTS, R. G; CHILD, G. I; DUEVER, M.J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1975.

GUZMÁN, G. B., SÁNCHEZ, J. A., The relationships between litter fauna and rates of litter decomposition in a tropical rain forest. **Applied Ecology**, 24, p 91-100. 2003.

HANSON, C. A., ALLISON S. D., BRADFORD M. A., WALLENSTEIN M. D., TRESEDER K. K. Fungal taxa target different carbon sources in forest soil. **Ecosystems**. v. 11, p. 1157-1167. 2008.

HUNT, J.C.R. ; AUTON, T. R., SENE, K., THOMAS, N. H. ; KOWE, R. Proc. Conf. Transient Phenomena in Multiphase Flow, **Hemisphere** . 1988.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**, Londrina: IAPAR, CD. 2000. IAPAR, 2000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. **Série Manuais Técnicos em Geociências** 1, Rio de Janeiro, p. 92. 1992.

JACKSON, J. F. Seasonality of flowering and leaf-fall in a brazilian subtropical lower montane moist forest. **Biotropica**, v.10, n.1, p.38-42, 1978.

JARA, C. J. **As dimensões intangíveis do desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: IICA, 2001.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.8, n.3, p. 209-213, 1976.

LAMBERS, H., CHAPIM, F. S., PONS, T. L. Role in Ecosystem and Global Processes. **Plant Physiological Ecology**. 1ª ed. New York: Springer, 540p. 1998.

LAVELLE, P., BLANCHART, E., MARTIN, A., MARTIN, S., SPAIN, A. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. **Biotropica** 25, p.130–150. 1993.

LEITE, P. F. **As Diferentes Unidades Fitoecológicas da Região Sul do Brasil: Proposta de Classificação**, 160 p. 1994.

MASON, N. W. H., CARSWELL, F. E., RICHARDSON, S. J., BURROWS, L. E. Leaf palatability and decomposability increase during a 200-year-old post cultural woody succession in New Zealand. **J. Veg. Sci.** 22, 6–17. 2011.

MASON, C. F. **Decomposição**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.

MCCUNE, B. ; JAMES B. GRACE. **Analysis of Ecological Communities**. MJM, 300p. Oregon USA. 2002.

MEIRELLES, M. S. P; CÂMARA, G. ; ALMEIDA, C. M. (eds.). **Geomática: Modelos e Aplicações Ambientais**. EMBRAPA, Brasília, 953 p. 2007.

MENEZES, M. D DE; CURI, N.; MARQUES, J. J.; MELLO, C. R. DE; ARAÚJO, A. R. DE. Levantamento pedológico e sistema de informações geográficas na avaliação do uso das terras em sub-bacia hidrográfica de Minas Gerais. **Revista Ciência. Agrotecnologia.**, Lavras. v. 33, n. 6, p. 1544 – 1553, 2009.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. 2. ed. rev. atual. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 425 p. 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Editora UFLA, Lavras. 626p. 2002.

MOURA, G; PONGITORY, V. **Produção de mudas de Eucalyptus para o estabelecimento de plantios florestais**. Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355163/2020115/cot085.pdf/e3f184ce-6dee-4108-aa2f-4d2487af80f8>> . 2003. Acesso em: 25/10/2015.

NEGRETE-YANKELEVICH S., FRAGOSO C., NEWTON A. C., RUSSELL G., HEAL O. W.: Species-specific characteristics of trees can determine the litter macroinvertebrate community and decomposition process below their canopies. **Plant and Soil**, 307: 83–97. 2008.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Editora Guanabara. Rio de Janeiro S. A., 1988.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Thomson Learning, 612p. 2007.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology** 44 : 322-331. 1963.

OSTERTAG, R., MARÍN-SPIOTTA, E., SILVER, W.L., SCHULTEN, J. Litterfall and decomposition in relation to soil carbon pools along a secondary forest chronosequence in Puerto Rico. **Ecosystems** 11, p. 701–714. 2008.

PAINEL FLORESTAL. **Desempenho do setor florestal brasileiro no 1º semestre**. 2015. Disponível em: <<http://www.painelflorestal.com.br/noticias/artigos/desempenho-do-setor-florestal-brasileiro-no-1-semester>> \_Acessado em: 21/10/2015.

PEÑA, M. L. P. **Indicadores microbiológicos de solo na avaliação da recuperação de área degradada de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no Litoral Paranaense - Brasil**. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). 88p. 2002.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 113p. 2000.

PIMM, S. L.; RAVEN, P. **Extinction by numbers**. Nature. 403, p. 843-845. 2000.

PIRES, L. A. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em uma formação de restinga na Ilha do Mel**. Dissertação (mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho, Rio Claro, 187 p. 2000.

PRESCOTT, C. Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? **Forest Ecology and Management**, v.220, p.66-74, 2005.

PRITTCHEW, W. L. **Properties and management of forest soils**. New York: John Wiley, 500p. 1979.



RICKLEFS, Robert E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, , 503 p. 2003

ROSIM, S.; FELGUEIRAS, C. A.; NAMIKAWA, L. M. **Uma metodologia para geração de MNT por grades triangulares**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, Brasil, 1993. Anais. v.2, p. 420-427.

SHINE, K. P, DERWENT, R. G, WUEBBLES, D. J.; MORERETTE, J.J. Radiative forcing of climate. In: HOUGHTON, J.T., JENKINS, G. J.; EPHRAUMS, J. J. Chan Cange: The IPCC scientific assessment. Cambridge: **Cambridge University Press**, 1990.

SHIMIZU, J. Y. **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 223 p. 2008.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-Referenciadas: Conceitos e Fundamentos**. Campinas-SP, Editora da UNICAMP, 236p. 1999.

SILVA, M. B., KLIEMANN, H. J, SILVEIRA, P. M E LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.12, p.1755-1761, 2007.

SCHIMDT, P., DICKOW, K., ROCHA, A., MARQUES, R., SCHEUERMANN, L., ROMBKE, J., FORSTER, B, HOFER, H. Soil macrofauna and decomposition rates in southern brazilian atlantic rainforests. **Ecotropica** 14, p.89-100. 2008.

SCHÄDLER, M., JUNG, G., AUGE, H., BRANDL, R. Palatability, decomposition and insect herbivory: patterns in a successional old-field plant community. **Oikos** p.103, 121–132. 2003.

SPAIN, A. V. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical australian rain forests. **Journal of Ecology**, v.72, n.3, p.947-961, 1984.

SPRING. **Manuais: Tutorial de Geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/modelagem.html>>. Acesso em:24/02/2016

STRICKLAND, M. S., LAUBER, C., FIERER, N., and BRADFORD, M. A.: Testing the functional significance of microbial community composition, **Ecology**, 90, p.441–451, 2009a.

STRICKLAND, M. S., OSBURN, E., LAUBER, C., FIERER, N., and BRADFORD, M. A Litter quality is in the eye of the beholder: initial decomposition rates as a function of inoculum characteristics, **Funct. Ecology**., 23, p.627–636, 2009b.

SUZUKI, A. Fungal succession at different scales. **Fungal Diversity**. 10, p.11–20. 2002.

SWIFT, M. J.; ANDERSON, J.M. Decomposition. In: LIETH, H.; WERGER, M.J.A. (Ed.). **Tropical Rain Forest Ecosystems: structure and function.** Biogeographical and ecological studies 14B. Amsterdam: Elsevier, p.547 -569. 1989.

SWIFT, B. R.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. Decomposition in terrestrial ecosystems. **Oxford: Blackell Scientific Publications**, 372p. 1979.

THAKUR, M., P.; MILCU, A.; MANNING, P.; NIKLAUS, P., A.; ROSCHER, C.; POWER, S.; REICH, P., B.; SCHEU, S.; TILMAN, D.; AI, F.; GUO, H.; JI, R.; PIERCE, S.; RAMIREZ, M., G.; RICHTER, A., N.; STEINAUER, K.; STRECKER, T.; VOGEL, A.; EISENHAUER, N. Plant diversity drives soil microbial biomass carbon in grasslands irrespective of global environmental change factors. **Global Change Biology**. Jun/2015.

TOWNSEND, C. R.; M. BEGON; J. L. HARPER. **Fundamentos em ecologia.** Editora Artmed. São Paulo. 576p. 2010.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 35-42. 2000.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI.** Rio de Janeiro: Garamond, 2008 3<sup>o</sup> ed.

WARDLE, D. A.; NILSSON, M. C.; ZACKRISSON, O.; GALLET, C. Determinants of litter mixing effects in a Swedish boreal forest. **Soil Biol. Biochem.**, v.35, p.827-835, 2003.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis.** Prentice-Hall, New Jersey. 666p. 1999.

## ANEXOS

Tabela 1. Dados florestais referentes ao plantio de *Pinus taeda*.

Projeto	Talhão – P.20
Espécie – <i>Pinus taeda</i>	Ano do plantio - 2000
Área – 34,47 ha	Esp. Original 3x2 m
<b>AMOSTRAGEM</b>	
Nº de Amostras	7
Dimensões das Unidades Amostrais	24 x 30 = 720 M <sup>2</sup>
Sistemas de Amostras	Permanentes
<b>DADOS DENDROMÉTRICOS</b>	
Diâmetro Médio	28,83 cm
Coeficiente de Variação	13,81 %
Altura Média	22,61 m
Coeficiente de Variação	5,47 %
Altura dominante	22,89 m
Área Basal	38,37 m <sup>2</sup> /ha
Fator de forma	0,45 Ff
Volume com casca / ha	388,491 m <sup>2</sup> /ha
Volume com casca / total	13391,281 m <sup>3</sup>
Número de árvores / ha	589 ARV
Número de árvores / total	20313 ARV
Incremento Médio Anual	29,884 m <sup>3</sup> /ha/ano
Histórico de Podas	2009/2010 2ª Poda

Tabela 2. Dados florestais referentes ao plantio de *Eucalyptus dunnii*.

Projeto	Talhão – <i>Eucalyptus dunnii</i>
Espécie – <i>dunnii</i>	Ano do plantio - 2010
Área – 7,09 ha	Esp. Original 3x2 m

<b>AMOSTRAGEM</b>	
Nº de Amostras	2
Dimensões das Unidades Amostrais	30 x 24 = 720 M <sup>2</sup>
Sistemas de Amostras	Permanentes
<b>DADOS DENDROMÉTRICOS</b>	
Diâmetro Médio	10,40 cm
Coeficiente de Variação	27,21 %
Altura Média	14,42 m
Coeficiente de Variação	14,19 %
Altura dominante	16,31 m
Área Basal	13,59 m <sup>2</sup> /ha
Fator de forma	0,58 Ff
Volume com casca / ha	113,254 m <sup>3</sup> /ha
Volume com casca / total	802,97 m <sup>3</sup>
Número de árvores / ha	1590 ARV
Número de árvores / total	11275 ARV
Incremento Médio Anual	37,751 m <sup>3</sup> /ha/ano