



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**MONITORAMENTO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA  
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA FLORESTA OMBRÓFILA  
DENSA: CASO PARATY-RJ**

**MÁRCIA CRISTINA SOARES DE SOUZA**

**Araras**

**2009**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**MONITORAMENTO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA  
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA FLORESTA OMBRÓFILA  
DENSE: CASO PARATY-RJ**

**MÁRCIA CRISTINA SOARES DE SOUZA**

ORIENTADOR: PROF. Dra. FATIMA C. MÁRQUEZ PIÑA-RODRIGUES

CO-ORIENTADOR: PROF. Dr. JOSÉ CARLOS CASAGRANDE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL

**Araras**

**2009**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S729ms

Souza, Márcia Cristina Soares de.

Monitoramento de sistemas agroflorestais para  
recuperação de áreas degradadas da floresta ombrófila  
densa : caso Paraty-RJ / Márcia Cristina Soares de Souza. -  
- São Carlos : UFSCar, 2009.  
83 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São  
Carlos, 2009.

1. Sistemas agroflorestais. 2. Floresta ombrófila densa. 3.  
Crescimento. 4. Indicadores ambientais. 5. Herbivoria. 6.  
Serrapilheira. I. Título.

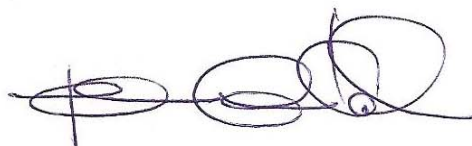
CDD: 634.92 (20<sup>a</sup>)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
DE

*MÁRCIA CRISTINA SOARES DE SOUZA*

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL, DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 18 de Junho de 2009.

BANCA EXAMINADORA:



FATIMA CONCEIÇÃO MÁRQUEZ PIÑA-RODRIGUES  
ORIENTADORA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar – Campus Sorocaba



REINALDO MONTEIRO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”-UNESP



ELIANA CARDOSO LEITE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar – Campus Sorocaba

“O Senhor Deus tomou o homem e colocou-o no jardim do Éden para cultivá-lo e guardá-lo”.

(Gênesis 2, 15)

Aos meus pais, José e Maria, e principalmente ao meu irmão, Luiz, que nunca deixou de acreditar nos meus sonhos.

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar à Deus, pela luz nesta caminhada.

À minha Família, pelo apoio e incentivo.

A Fatima Conceição Márquez Piña-Rodrigues, pelo apoio, orientação e, sobretudo, pela confiança depositada.

Ao José Carlos Casagrande, pelo apoio e orientação.

À segunda turma do curso de Agroecologia e Desenvolvimento Rural, pelos momentos inesquecíveis que passamos juntos.

Ao Ministério do Meio Ambiente, por intermédio do Projeto PDA - Mata Atlântica em Paraty (RJ), em especial ao IDACO, coordenador do Projeto, pelo apoio financeiro.

Aos proprietários Sr. Domingos Martins e Sr. Eraldo Alves Filho, por permitirem a realização desta pesquisa e pelo carinho, confiança e amizade depositada.

À comunidade quilombola Campinho da Independência e a comunidade do Patrimônio, pela acolhida.

Aos estagiários Simone Ferreira da Silva e Rafael Scoriza, pelo apoio no decorrer do trabalho.

A Iliana Salgado e aos monitores do Projeto PDA - Paraty, pela incontestável ajuda nas coletas de serrapilheira.

Aos professores, funcionários e colegas que auxiliaram de uma forma ou de outra no desenvolvimento do trabalho.

As amigas Li, Perla, Josi e Sisa, pelo carinho e companheirismo.

À Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Campus Araras, pela minha formação profissional.

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

## SUMÁRIO

	Pag.
INDICE DE TABELAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Floresta Ombrófila Densa e aspecto sócio-ambiental de Paraty.....	3
2.2. Sistemas agroflorestais.....	5
2.3. Indicadores ambientais.....	7
2.3.1. Crescimento das espécies arbóreas.....	9
2.3.2. Herbivoria.....	10
2.3.3. Aporte de serrapilheira e aporte de nutrientes.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Caracterização da área de estudo.....	15
3.1.1. Localização.....	15
3.1.2. Clima.....	16
3.1.3. Solo e relevo.....	17
3.1.4. Vegetação.....	17
3.2. Unidades experimentais de sistemas agroflorestais.....	17
3.3. Uso anterior das unidades experimentais de sistemas agroflorestais .....	21
3.4. Prática de manejo nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais.....	21
3.5. Floresta secundária.....	22
3.6. Coleta dos dados.....	23
3.6.1. Crescimento das espécies arbóreas.....	23
3.6.2. Mortalidade.....	23
3.6.3. Taxa de herbivoria.....	23
3.6.4. Aporte de serrapilheira e nutrientes.....	24
3.7. Análise dos dados.....	25



3.7.1. Crescimento das espécies arbóreas, mortalidade e taxa de herbivoria..	25
3.7.2. Aporte de serrapilheira e nutrientes.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1. Crescimento das espécies arbóreas.....	28
4.2. Mortalidade.....	34
4.3. Herbivoria.....	36
4.4. Aporte de serrapilheira e nutrientes.....	37
4.4.1. Aporte de serrapilheira e sazonalidade.....	37
4.4.2. Aporte de serrapilheira e os sistemas agroflorestais.....	46
4.4.3. Aporte de nutrientes via serrapilheira e fertilidade do solo.....	51
5. CONCLUSÕES.....	59
5.1. Crescimento das espécies arbóreas, mortalidade e taxa de herbivoria....	59
5.2. Aporte de serrapilheira em nutrientes.....	59
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
8. ANEXO 1.....	79

## ÍNDICE DE TABELAS

	Pag.
<b>Tabela 1:</b> Composição florística, sistemas de plantio e funções das espécies empregadas nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, Paraty-RJ.....	20
<b>Tabela 2:</b> Número de indivíduos empregados nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Paraty-RJ.....	21
<b>Tabela 3:</b> Categoria de danos para avaliação do índice de herbivoria.....	24
<b>Tabela 4:</b> Coeficiente de variação (CV), circunferência a altura do peito (CAP), altura comercial (Hc) e altura total (Ht) das espécies empregadas nos tratamentos de sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ.....	29
<b>Tabela 5:</b> Crescimento médio em circunferência a altura do peito (CAP), altura comercial (Hc) e altura total (Ht) das espécies empregadas nos sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ.....	30
<b>Tabela 6:</b> Relação da altura total e do diâmetro a altura do peito (Ht/DAP), incremento médio anual em altura total (IMA Ht) e incremento médio anual em diâmetro (IMA DAP) das espécies arbóreas empregadas nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ.....	31
<b>Tabela 7:</b> Taxa de mortalidade das espécies arbóreas nos tratamentos das unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ.....	35
<b>Tabela 8:</b> Porcentagem média de ausência de herbivoria nos tratamentos de sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ.....	36
<b>Tabela 9:</b> Porcentagem média de herbivoria das espécies empregadas nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ.....	37
<b>Tabela 10:</b> Deposição total de serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) em ecossistemas florestais.....	38
<b>Tabela 11:</b> Estimativa do aporte anual de serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta	

secundária, Paraty-RJ.....	41
<b>Tabela 12:</b> Coeficiente de correlação entre as variáveis climáticas decorrentes no mesmo mês e até seis meses antes da amostragem de serrapilheira, abrangendo o período de outubro de 2007 a setembro de 2008, e a quantidade total de serrapilheira depositada ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.....	45
<b>Tabela 13:</b> Aporte total de serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) em sistemas agroflorestais.....	48
<b>Tabela 14:</b> Conteúdos médios de macro e micronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ .....	52
<b>Tabela 15:</b> Aporte médio de macronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) via serrapilheira em sistemas agroflorestais.....	53
<b>Tabela 16:</b> Conteúdos médios de macro e micronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) nos tratamentos das unidades experimentais de sistemas agroflorestais, aos cinco anos de idade, Paraty-RJ.....	54
<b>Tabela 17:</b> Sazonalidade do aporte de macro e micronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) nos tratamentos das unidades experimentais de sistemas agroflorestais, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.....	56
<b>Tabela 18:</b> Resultados das análises de fertilidade do solo realizadas nos tratamentos de sistemas agroflorestais do Campinho da Independência, nos anos de 2002, 2005 e 2006, Paraty-RJ.....	55
<b>Tabela 19:</b> Resultados das análises de fertilidade do solo realizadas nos tratamentos de sistemas agroflorestais do Patrimônio, nos anos de 2002, 2005 e 2006, Paraty-RJ.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
<b>Figura 1:</b> Mapa de localização das comunidades do Campinho da Independência e do Patrimônio, Paraty-RJ.....	16
<b>Figura 2:</b> Dados de temperatura e precipitação (–) coletados na Estação Meteorológica de Paraty-RJ, no período de outubro de 2007 a setembro de 2008.....	17
<b>Figura 3:</b> Vista geral das unidades experimentais de sistemas agroflorestais em Paraty-RJ.....	18
<b>Figura 4:</b> Vista geral da floresta secundária no município de Paraty-RJ.....	22
<b>Figura 5:</b> Coletor de serrapilheira instalado nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.....	24
<b>Figura 6:</b> Crescimento médio em circunferência a altura do peito (CAP), altura comercial (Hc) e altura total (Ht) das espécies empregadas nos tratamentos de sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ.....	32
<b>Figura 7:</b> Crescimento médio em altura (m) das espécies leguminosas e não-leguminosas empregadas nos métodos de plantio “casado” (duas plantas/cova) e “solteiro” (uma planta/cova) nos sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ.....	33
<b>Figura 8:</b> Crescimento médio em circunferência a altura do peito (CAP), altura comercial (Hc) e altura total (Ht) das espécies frutíferas e de valor econômico empregadas em plantios associados com espécies leguminosas e não-leguminosas, nos sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ.....	34
<b>Figura 9:</b> Aporte de serrapilheira total ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.....	38
<b>Figura 10:</b> Aporte sazonal de serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.....	39

<b>Figura 11:</b> Aporte sazonal da fração foliar ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.....	40
<b>Figura 12:</b> Aporte sazonal da fração ramos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.....	40
<b>Figura 13:</b> Aporte sazonal da fração partes reprodutivas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.....	42
<b>Figura 14:</b> Aporte sazonal da fração resíduos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.....	43
<b>Figura 15:</b> Aporte médio de serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) nos tratamentos das unidades experimentais de sistemas agroflorestais, aos cinco anos de idade, Paraty-RJ.....	50
<b>Figura 16:</b> Disposição da composição florística do sistema agroflorestal no Tratamento 1 (leguminosas com plantio “solteiro”), com espaçamento 2 x 1,5 m entre as espécies arbóreas e 2 x 1 m entre as pupunheiras.....	80
<b>Figura 17:</b> Disposição da composição florística do sistema agroflorestal no Tratamento 2 (leguminosas com plantio “casado”), com espaçamento 2 x 1,5 m entre as espécies arbóreas e 2 x 1 m entre as pupunheiras.....	81
<b>Figura 18:</b> Disposição da composição florística do sistema agroflorestal no Tratamento 3 (não-leguminosas com plantio “solteiro”), com espaçamento 2 x 1,5 m entre as espécies arbóreas e 2 x 1 m entre as pupunheiras.....	82
<b>Figura 19:</b> Disposição da composição florística do sistema agroflorestal no Tratamento 4 (não-leguminosas com plantio “casado”), com espaçamento 2 x 1,5 m entre as espécies arbóreas e 2 x 1 m entre as pupunheiras.....	83

**MONITORAMENTO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA  
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA FLORESTA OMBRÓFILA  
DENSA: CASO PARATY-RJ**

**Autor: MÁRCIA CRISTINA SOARES DE SOUZA**

**Orientador: Prof. Dra. FATIMA CONCEIÇÃO MÁRQUEZ PIÑA-RODRIGUES**

**Co-orientador: Prof. Dr. JOSÉ CARLOS CASAGRANDE**

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar a sustentabilidade ambiental de duas unidades experimentais de sistemas agroflorestais empregadas para a recuperação de áreas degradadas na Floresta Ombrófila Densa, no município de Paraty-RJ. O modelo de plantio adotado foi baseado no Sistema Agroflorestal Regenerativo e Análogo (SAFRA), onde foram utilizadas combinações de espécies leguminosas e não-leguminosas com plantio “solteiro” (uma planta/cova) e “casado” (duas plantas/cova). Para tanto, foram instalados coletores cônicos de serrapilheira nas áreas de SAFRA e em um trecho de floresta secundária com a finalidade de analisar a deposição e o aporte de nutrientes durante um ano, e realizadas avaliações sobre o crescimento (circunferência a altura do peito - CAP; altura comercial - Hc; altura total - Ht), taxa de herbivoria e taxa mortalidade dos indivíduos arbóreos. A produtividade florestal, a deposição de serrapilheira e o aporte de nutrientes mostraram ser eficientes indicadores ambientais para sistemas agroflorestais. O modelo SAFRA empregado com o plantio “casado”, independente do uso de espécies leguminosas ou não-leguminosas, apresenta potencial silvicultural para ser indicado como um sistema agroflorestal produtivo. No entanto, até aos cinco anos de idade, nenhum dos modelos das unidades experimentais de SAFRA adotados podem ser considerados como sendo eficientes na restauração de áreas ciliares no que se refere às suas funções de promover uma deposição de serrapilheira e aporte de nutrientes em condições similares à floresta secundária.

## **MONITORING OF AGROFORESTRY SYSTEMS FOR RESTORATION OF DEGRADED AREAS AT OMBROPHYLOUS FOREST, PARATY, BRAZIL**

**Author: MÁRCIA CRISTINA SOARES DE SOUZA**

**Adviser: Prof. Dra. FATIMA CONCEIÇÃO MARQUEZ PIÑA-RODRIGUES**

**Co-adviser: Prof. Dr. JOSÉ CARLOS CASAGRANDE**

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the environmental sustainability of experimental agroforestry systems planted which aim was to restore degraded areas in a rain forest, in the municipality of Paraty, RJ. The model adopted is called as "agroforestry system regenerative and analog" (SAFRA), which combines leguminous and non-leguminous species in "single" (one plant /hill) and "married" (two plants/hill) planting. Thus, conical traps were installed to collect litterfall in the SAFRA systems and in a secondary forest in order to compare biomass and the intake of nutrients over a year. Individual trees were measured (circumference at breast height - CAP, commercial height - Hc; total height - Ht) and herbivory and mortality were evaluated. The forest productivity, litterfall and nutrients analyses demonstrated to be effective as environmental indicators applied to agroforestry systems. The "married" SAFRA model, independent of using leguminous or non-leguminous species presented silvicultural potential to be indicated as an agroforestry system. However, after five years, none of the SAFRA models may be considered as effective in the ecological function of restoration of riparian areas based on litterfall and nutrient when compared with secondary forest.

## 1. INTRODUÇÃO

No Bioma Mata Atlântica a tipologia Floresta Ombrófila Densa, é a segunda maior floresta da América do Sul, estendendo-se desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul. Atualmente, encontra-se devastada, restando apenas cerca de 27% de sua extensão original (PROBIO, 2007). No estado do Rio de Janeiro, a Floresta Ombrófila Densa foi e tem sido utilizada para atividades agropecuárias em especial o plantio de café, cana-de-açúcar e pastagens (MORENO; NASCIMENTO; KURTZ, 2003). Especialmente na região dos municípios de Mangaratiba, Angra dos Reis e Paraty, conhecida como costa verde (MASCARENHAS, 2004), o levantamento de aptidão agrícola recomenda apenas 10% da área do município para o cultivo de lavoura ou pastagem e o restante da área para o manejo agroflorestal, reflorestamento ou áreas de preservação permanente (BRASIL, 1983; PIÑA-RODRIGUES *et al.*, 2006).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são formas de uso e manejo da terra, onde árvores ou arbustos são utilizados em associações com cultivos agrícolas ou com animais, em uma combinação espacial ou seqüencial (YOUNG, 1989; PAULA; PAULA, 2003). Vários autores consideram esses



sistemas como uma das soluções para a recuperação de áreas degradadas, com grande potencial de gerar produtividade agrícola, florestal e pecuária, e como redutor de risco para o agricultor (VILAS BOAS, 1991; MACEDO, 1992; DANIEL; COUTO; VITORINO, 1999; MEDRADO, 2000; SANTOS *et al.*, 2000; FRANCO *et al.*, 2002).

Para que estudos e trabalhos realizados na área de recuperação possam avançar, é necessário a avaliação e o monitoramento dessas áreas. No Brasil são poucos os trabalhos desenvolvidos com esse fim. A maioria das pesquisas se preocupa com a transformação ambiental e aspectos estruturais e não com a questão do restabelecimento dos processos ecológicos e as funções do ecossistema, fundamentais para a restauração ambiental (SIQUEIRA, 2002).

O emprego de indicadores fornece as informações necessárias sobre as condições da área de estudo, sendo uma forma de entender melhor o funcionamento dos ecossistemas e assim facilitar a determinação do seu grau de fragilidade diante da pressão antrópica (CÉSAR, 1993). Ao mesmo tempo, permite avaliar e monitorar as informações sobre a evolução das comunidades inseridas no ecossistema (VIEIRA, 2004).

Assim, partindo da hipótese que sistemas agroflorestais regenerativos e análogos (SAFRA) apresentam características de sustentabilidade ambiental e, por sua diversidade e estrutura, podem vir a contribuir para a recuperação de áreas degradadas na Floresta Ombrófila Densa, esse trabalho objetiva avaliar a sustentabilidade ecológica de sistemas agroflorestais empregados para a recuperação de áreas degradadas na Floresta Ombrófila Densa, no município de Paraty-RJ visando fornecer subsídios para o monitoramento de sua capacidade de recuperação das funções ecológicas.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. FLORESTA OMBRÓFILA DENSA E ASPECTO SÓCIO-AMBIENTAL DE PARATY**

A Floresta Ombrófila Densa, domínio Atlântico, inicia-se no Cabo de São Roque no Rio Grande do Norte e estende-se até o norte do Rio Grande do Sul abrangendo mais de 1,2 milhões de km<sup>2</sup> (FERNANDES, 2003). Atualmente, a Floresta Ombrófila Densa é composta por um mosaico com poucas áreas relativamente extensas, principalmente nas regiões sul e sudeste e uma proporção bem maior de áreas de diferentes estágios de degradação (GUATURA *et al.*, 1996) devido ao uso extensivo dos solos para o cultivo de plantações de subsistência resultando na destruição dessas florestas. Além disso, muitas vezes, essas terras são convertidas em áreas de pastagens permanentes sendo em muitos casos usadas para a agricultura itinerante utilizando o sistema de corte e queima da floresta para a atividade agrícola (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

A Floresta Ombrófila Densa na região de Paraty também sofreu modificações. No final do século XVIII, praticamente toda a área do município

se tornou plantação de cana-de-açúcar. Parte dela foi naturalmente revegetada formando uma mata secundária que cobre aproximadamente 80% do território do município (PARATI, 2007).

Paraty apresenta uma população de 29.544 habitantes (censo 2000/IBGE), dos quais 52% estão localizados em estabelecimentos rurais menores que 50 hectares, conferindo à agricultura do município um caráter familiar. Nessas áreas, predomina o sistema tradicional caiçara, onde a área a ser cultivada é derrubada, em seguida queimada e o plantio de culturas anuais é realizado sem nenhuma prática conservacionista, com posterior abandono da área e abertura de novas.

A cultura de banana (*Musa sp.*) ocupa a maior área cultivada do município, mas com o declínio da comercialização os bananais têm sido abandonados ou relegados a segundo plano. Outros produtos agrícolas importantes na região são: a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*), que atende a demanda dos alambiques locais; a mandioca (*Manihot esculenta L.*) para a fabricação de farinha de mesa e o cultivo da pupunha (*Bactris gasipaes Kunth*) e do açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) que apresentam uma alternativa ao extrativismo ilegal do palmito juçara (*Euterpe edulis Mart.*) (MATTOS *et al.*, 2002).

A maioria das propriedades rurais de Paraty localiza-se dentro ou na área de entorno de unidades de conservação tornando o desenvolvimento agrícola uma ameaça à conservação dessas unidades de proteção (SILVA, 2006). Desde 1990, vem sendo desenvolvida na região a implantação de sistemas agroflorestais em áreas de diferentes características ecológicas, com a participação das comunidades locais e de instituições externas (PIÑA-RODRIGUES *et al.*, 2006; SILVEIRA *et al.*, 2007). Desse modo, a implantação de sistemas agroflorestais, promove o resgate da sabedoria popular, a conservação desse ambiente, além de potencializar a produção do agricultor. Entretanto, essas práticas culturais devem ser sustentadas cientificamente. Diante disso, o monitoramento dessas áreas é de extrema importância para a conservação da Floresta Ombrófila Densa e para o desenvolvimento rural sustentável da região.

## 2.2. SISTEMAS AGROFLORESTAIS

O desmatamento e a utilização de práticas agrícolas não adaptadas ao ambiente tropical têm contribuído fortemente para a redução quantitativa e qualitativa dos recursos ambientais (SANTOS *et al.*, 2002). Diante disso, surgiu em meados da década de 80 o conceito de sustentabilidade (DEPONTI; ECKERT; AZAMBUJA, 2002). A sustentabilidade agrícola está relacionada com a capacidade de manutenção, em longo prazo, da qualidade e quantidade dos recursos naturais dos agroecossistemas, conciliando a redução dos impactos ao meio ambiente e atendendo às necessidades sociais e econômicas das comunidades rurais e urbanas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS, 2000).

Segundo Torquebiau (1989), os sistemas agroflorestais (SAFs) preenchem muitos requisitos da sustentabilidade. Isso se deve, segundo o autor, às suas características de inclusão de árvores no sistema produtivo, pelo uso de recursos locais e práticas de manejo que otimizam a produção diversificada aliada à conservação dos recursos naturais.

Os sistemas agroflorestais podem ser definidos como uma modalidade de uso integrado da terra para fins de produção florestal, agrícola e pecuária (SANTOS, 2000). Podem contribuir para a viabilidade econômica de pequenos produtores e a melhoria da qualidade de vida das comunidades através da diversificação da produção, diminuindo os riscos de flutuações de preços no mercado e ampliando alternativas alimentares de subsistência (COUTO, 1990). Funcionam também como ferramenta fundamental para alcançar os objetivos do rendimento sustentado permanente, sobretudo em regiões onde a fragilidade ambiental é um grande obstáculo para o desenvolvimento rural (VILAS BOAS, 1991).

Segundo Vivan e Floriani (2006), os sistemas agroflorestais têm sido cada vez mais importantes no Brasil como estratégia-piloto de desenvolvimento sustentável em ecossistemas ameaçados. São utilizados na recuperação de áreas degradadas e paisagens fragmentadas, inclusive em áreas consideradas como de preservação permanente (APP) (MACEDO, 1992;

DANIEL; COUTO; VITORINO, 1999; MEDRADO, 2000; SANTOS *et al.*, 2000; FRANCO *et al.*, 2002), contribuindo para o aumento da biodiversidade, animal e vegetal, além de satisfazer às necessidades alimentares e melhorar as condições de vida das populações rurais locais (PASSOS; COUTO, 1997). De acordo com Franco (2000), a utilização de SAFs em áreas consideradas de preservação ambiental pode conciliar a produção de alimentos com a conservação dos recursos e a manutenção da biodiversidade.

O uso de sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas em formações ciliares possibilita produção duradoura sendo justificável somente para pequenas propriedades, onde a área agrícola disponível não é suficiente para sua sustentação econômica (VAZ DA SILVA, 2002). De acordo com o Código Florestal Brasileiro (Artigo 2º), o uso de sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas pode ocorrer em definitivo no caso de propriedades familiares (BRASIL, 2007). Embora, no estado de São Paulo, a Resolução SMA 58 (Artigo 10º) permita nessas áreas a utilização de sistemas agroflorestais por até três anos (SÃO PAULO, 2007), no Rio de Janeiro não existe nenhuma recomendação ou legislação específica. Segundo Rodrigues e Gandolfi (2000) o uso de sistemas agroflorestais já é cogitado como uma estratégia de implantação e/ou manutenção da restauração ecológica de formações ciliares, com conseqüente redução dos custos da manutenção da restauração.

Os sistemas agroflorestais podem ser categorizados de acordo com a sua estrutura, funcionalidade e as características socioeconômicas e ecológicas (DANIEL; COUTO; VITORINO, 1999). Estruturalmente são classificados em: sistemas agrossilviculturais, que envolvem cultivos agrícolas e árvores, silvipastoris, que associam pastagens e/ou animais e árvores, e agrossilvipastoris, que combinam cultivos agrícolas, pastagens e/ou animais e árvores (PAULA; PAULA, 2003).

O sistema agroflorestal utilizado neste estudo é o Sistema Agroflorestal Regenerativo e Análogo (SAFRA) que consiste na combinação espacial e temporal de espécies agrícolas, espécies arbóreas de múltiplos usos e/ou animais (SILVEIRA *et al.*, 2007), com o objetivo de recuperar as funções

ambientais e aumentar a biodiversidade (SCHULTZ; BECKER; GÖTSCH, 1994; SILVEIRA, 2003). O SAFRA baseia-se na sucessão natural de espécies vegetais e animais e na substituição ecofisiológica das espécies vegetais, cuja dinâmica leva a uma complexidade do ambiente, de modo que, o sistema produtivo torne-se o mais semelhante possível à vegetação local em termos de estrutura, composição e funcionalidade (SCHULTZ; BECKER; GÖTSCH, 1994). Tem como premissa a utilização otimizada da radiação solar, umidade e nutrientes (VIVAN, 1998).

No SAFRA, a maior quantidade e diversidade de biomassa permite a reciclagem e renovação constante da matéria orgânica do solo através de podas seletivas e introdução de espécies de modo a preservar a regeneração natural (VIVAN, 1998). Além de ser um modelo inovador de produção, visa fixar o pequeno produtor no campo promovendo a recuperação de sua propriedade com o aumento da fertilidade do solo e da biodiversidade, obtendo produtos de alta qualidade em curto, médio e longo prazo (NÓBREGA *et al.*, 2002).

O emprego do plantio adensado no SAFRA, colocando dois exemplares lado a lado (plantio “casado”), não compromete o desenvolvimento das plantas, ao contrário, as árvores crescem melhor ao terem uma intensa companhia (OSTERROHT, 2002). Já o uso de leguminosas arbóreas contribui para a recuperação do solo pela deposição das folhas e sementes e pela ação das raízes. A deposição das folhas e o crescimento das raízes estabilizam e aumentam a atividade biológica do solo e criam condições propícias para o estabelecimento de outras espécies mais exigentes (FRANCO *et al.*, 2002). Por sua vez, a habilidade das espécies leguminosas em fixar nitrogênio atmosférico, apresentar alto teor de nitrogênio e uma rápida decomposição das folhas são características importantes para a manutenção da fertilidade do solo (BERTALOT *et al.*, 2004).

### **2.3. INDICADORES AMBIENTAIS**

O vocábulo indicador é proveniente do latim “indicare”, que

significa destacar, mostrar, anunciar, tornar público e estimar (RUFINO, 2002). O indicador é uma medida quantitativa ou qualitativa que auxilia na transmissão de um conjunto de informações sobre complexos processos, eventos ou tendências de uma dada realidade (ABBOT; GUIJT, 1998).

Os indicadores ambientais são usados para se ter um retrato da qualidade ambiental dos recursos naturais, além de avaliar as condições e as tendências ambientais rumo ao desenvolvimento sustentável (MÉRICO, 2006; VIEIRA, 2004). O uso repetido de indicadores em programas de monitoramento pode auxiliar na detecção de mudanças ambientais em estágios iniciais ou avaliar a eficiência de medidas adotadas para melhorar a qualidade ambiental (STRAALEN, 1998).

Os indicadores, quando bem escolhidos, fornecem as informações sobre as condições da área de estudo, sendo uma forma de entender melhor o funcionamento, em médio e longo prazo, quanto à sustentabilidade dos ecossistemas (CÉSAR, 1993; WINK *et al.*, 2005). Os indicadores podem estar relacionados com aspectos climáticos, edáficos, ecológicos, fenológicos, fisiológicos entre outros (POGGIANI; STAPE; GONÇALVES, 1998; SILVEIRA, 2003).

De acordo com Silveira (2003), os indicadores são ferramentas que auxiliam na compreensão e na avaliação do sistema agroflorestal, sendo atualmente a metodologia mais utilizada para avaliar a sustentabilidade de sistemas de produção em geral (DANIEL *et al.*, 2001; HART, 1995). Sua aplicação viabiliza a sua utilização para comparar diferentes projetos e sistemas (RODRIGUES; GANDOLFI, 2000).

Algumas características importantes precisam ser consideradas na definição dos indicadores: ser significativo para a avaliação do sistema; ter validade, objetividade e consistência; ter coerência e ser sensível a mudanças no tempo e no sistema; ser centrado em aspectos práticos e claros, fácil de entender e que contribua para a participação da população local no processo de mensuração, baseado em informações facilmente disponíveis e de baixo custo; permitir ampla participação dos atores envolvidos na sua definição; e permitir a relação com outros indicadores, facilitando a interação entre eles

(CAMINO; MÜLLER, 1993; BAKER; FERREIRA; SAILE, 1997; MARZALL (1999); MASERA, ASTIER; LÓPEZ-RIDAURA (2000).

Os indicadores devem ainda compreender as seguintes características dos ecossistemas: composição (espécies indicadoras, espécies chaves, espécies invasoras), estrutura (tamanho dos remanescentes de habitat, distância, conectividade) e função (predação, herbivoria, competição, decomposição e sucessão) (MORAES, 2005).

Daniel (2000), em seu trabalho, desenvolveu metodologias voltadas para a definição de categorias de indicadores de sustentabilidade biofísica e sócio-econômica para sistemas agroflorestais. Dentre os indicadores biofísicos estudados pelo autor estão o aporte de nutrientes via serrapilheira, parâmetros dendrométricos como o incremento em altura, qualidade química do solo, incidência de pragas e doenças e práticas culturais.

Atualmente, existem poucos estudos no Brasil visando avaliar o uso de indicadores em áreas revegetadas (MACHADO, 2006). De maneira geral estes estudos têm envolvido o ataque de pragas e doenças (POGGIANI; STAPE; GONÇALVES, 1998; DANIEL *et al.*, 2001), o aporte de serrapilheira (POGGIANI; STAPE; GONÇALVES, 1998; RODRIGUES; GANDOLFI, 1998; MARTINS, 2001; SOUZA; DAVIDE, 2001; GRADISKI, 2002; ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003; SILVEIRA, 2003; MOREIRA; SILVA, 2004; ARAÚJO *et al.*, 2006; ALVES *et al.*, 2006), o monitoramento de processos como a recuperação de áreas degradadas com o uso de sistemas agroflorestais (PENEIREIRO, 1999; ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003) e o incremento em altura das espécies arbóreas (SILVEIRA, 2003).

### **2.3.1. CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS**

O crescimento pode ser definido como incremento das dimensões (diâmetro, altura, área basal, volume ou massa) de uma espécie arbórea em um dado período de tempo (MENDES *et al.*, 2006). Podendo estar relacionado com a disponibilidade dos recursos ambientais (luz, água e nutrientes), espaço físico, fatores genéticos, assim como do seu histórico de desenvolvimento



(POORTER; BONGERS, 1993; CARVALHO, 1997).

As taxas de crescimento de espécies arbóreas são altamente variáveis entre as espécies, bem como entre as árvores da mesma espécie (SWAINE, 1990).

A falta de monitoramento contínuo de espécies agrícolas e florestais em sistemas agroflorestais é um dos problemas que impedem o avanço do conhecimento do desempenho produtivo nesses sistemas diversificados (GAMA, 2003). O acompanhamento do desenvolvimento das espécies arbóreas por meio de medições periódicas da produtividade florestal que estimam o crescimento empregando um conjunto de variáveis dendrométricas, tais como altura, diâmetro e incremento médio (TONINI *et al.*, 2006; MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2006), são, portanto, importantes para orientar a escolha das espécies arbóreas e as formas de plantio. Desse modo, os tratamentos silviculturais empregados nos plantios podem diminuir ou até eliminar a diferença do crescimento entre os indivíduos de uma mesma espécie (MOSCOVICH, 2002).

### **2.3.2. HERBIVORIA**

A herbivoria pode ser definida como um dano sofrido por uma planta provocado por diversos organismos, sendo os insetos os principais (OKI *et al.*, 2002). Ocorre em alta frequência nas comunidades naturais, chegando a reduzir 11% da área foliar produzida anualmente, interferindo no crescimento e na reprodução das plantas, já que estas podem desviar recursos para compensar o dano causado (CLARK; CLARK, 1985).

Nos SAFs a presença de pragas e doenças indica a necessidade de manejo e de dinamização do sistema, já que cada praga contribui para que as melhores espécies prevaleçam eliminando plantas que estão fora de uma colocação ótima (PENEIREIRO, 1999). Assim sendo, o monitoramento da herbivoria pode funcionar como um indicador da funcionalidade do sistema. Já que as pragas e as doenças podem favorecer o conjunto, multiplicando a vida e a riqueza de todo o sistema (OSTERROHT, 2002).

### 2.3.3. APORTE DE SERRAPILHEIRA E NUTRIENTES

A serrapilheira é formada por sedimentos depositados na superfície dos solos, incluindo folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes da planta, bem como restos de animais e material fecal (GOLLEY, 1975; GOLEY *et al.*, 1978; KOEHLER, 1989; DIAS; OLIVEIRA-FILHO, 1997; MARTINS, 2001).

A permanência da serrapilheira na floresta faz com que esta seja reaproveitada no ciclo de nutrientes do ecossistema através de sua decomposição e da liberação dos nutrientes para posterior reabsorção pelas raízes das plantas (SCHUMACHER *et al.*, 2004), sendo fundamental na manutenção da sustentabilidade de ecossistemas florestais, principalmente em solos tropicais de baixa fertilidade natural (CORREIA; ANDRADE, 1999).

A serrapilheira aportada na superfície do solo representa a principal reserva de N e um importante reservatório de P, Ca, K e Mg (JORDAN, 1985; PRINCHETT, 1987). O tempo de permanência dos nutrientes estocados na serrapilheira depende da velocidade de decomposição desse material. O menor tempo de permanência da serrapilheira e, conseqüentemente, de seus nutrientes ocorre no ecossistema tropical (COLE, 1981). Em geral, o potássio é o nutriente de mais rápida liberação da serrapilheira (COLE, 1981; ANDRADE, 1997; GAMA-RODRIGUES, 1997).

Em estudo de deposição de nutrientes via serrapilheira, Poggiani *et al.* (1987) constataram diferenças entre as espécies testadas para revegetação de área degradada, principalmente com relação ao nitrogênio, devido ao uso de espécies leguminosas. As leguminosas arbóreas transferiram, via serrapilheira, cerca de 76 e 80% a mais de nitrogênio, 71 e 29% a mais de fósforo e 32 e 54% a mais de potássio do que o *Pinus* e o *Eucalyptus*, respectivamente.

Em sistemas agroflorestais o uso de espécies arbóreas aumenta a eficiência na ciclagem dos nutrientes devido ao sistema radicular mais extenso e profundo, possibilitando maior captura e reciclagem de nutrientes (NAIR, 1993; SCHROTH *et al.*, 2001).

A presença de serrapilheira sobre o solo produz sombra e retém umidade, criando condições microclimáticas que influenciam na germinação de sementes e estabelecimento de plântulas (MORAES *et al.*, 1998), atuando como um obstáculo contra a erosão. A matéria orgânica depositada ao solo, que compõe a serrapilheira, forma uma barreira física que fornece resistência mecânica ao escoamento superficial, reduzindo a velocidade do fluxo ao mesmo tempo em que favorece a infiltração da água no solo (OCHIAI; NAKAMURA, 2004). Além disso, é fonte de energia para o desenvolvimento da flora, da fauna e da microbiota que atuam na sua decomposição (GONZALES; GALLARDO, 1982; ANDRADE; CABALLERO; FARIA, 1999), e de nutrientes para o solo, principalmente de nitrogênio, fósforo e potássio (PALM, 1995).

Devido à importância da serrapilheira no funcionamento de ecossistemas florestais nativos ou plantados, muitos pesquisadores têm realizado estudos, visando caracterizar a dinâmica de produção, decomposição e o retorno de nutrientes ao solo (GAMA-RODRIGUES, 1997, VIEIRA, 1998, PAGANO; DURIGAN, 2000, SOUZA; DAVIDE, 2001; TOLEDO; PEREIRA; MENEZES, 2002; AIDAR; JOLY, 2003; TOLEDO; PEREIRA, 2004). Porém, poucas pesquisas têm sido realizadas sobre a ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais com espécies frutíferas e florestais (CORRÊA *et al.*, 2006) e para avaliar os nutrientes presentes nas diferentes frações (DIAS *et al.*, 2002). Ao mesmo tempo, a maioria dos trabalhos analisa apenas os primeiros anos dos plantios sem que se possa monitorar como eles se comportam ao longo do tempo.

De acordo com Alves *et al.* (2006), o estudo quantitativo e qualitativo da serrapilheira, assim como a taxa de decomposição, são importantes para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas florestais, sendo considerado um potencial indicador de avaliação ambiental (POGGIANI; STAPE; GONÇALVES, 1998; RODRIGUES; GANDOLFI, 1998; MARTINS, 2001; SOUZA; DAVIDE, 2001; ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003; MOREIRA; SILVA, 2004; ARAÚJO *et al.*, 2006; ALVES *et al.*, 2006; ALMEIDA *et al.*, 2006). Seu uso como indicador se baseia no fato de suas respostas às alterações em processos de deposição variarem em função de modificações

ocorridas no ambiente, sendo, portanto capazes de demonstrar alterações no seu funcionamento.

Vários trabalhos têm sido feitos no âmbito da Floresta Ombrófila Densa, sobre o aporte de serrapilheira. Araújo *et al.* (2006) estimaram uma produção anual de 12.220 kg ha<sup>-1</sup> em estudos realizados na Reserva Biológica de Poços das Antas (RJ), sendo os resultados considerados altos quando comparados com valores encontrados em florestas tropicais no Brasil. Em outra pesquisa, realizada no mesmo local, o aporte de serrapilheira encontrado foi de 6.874 kg ha<sup>-1</sup> por ano (BARBOSA e FARIA, 2006). Fernandes *et al.* (2006) estimaram uma produção anual de 7.630 kg ha<sup>-1</sup> na mata secundária espontânea da Floresta Nacional Mário Xavier (RJ).

Em sistemas agroflorestais, Peneireiro (1999) constatou que não houve diferença no aporte de serrapilheira entre um SAF orientado pela sucessão natural, baseado no sistema SAFRA, e uma área de capoeira de mesma idade. Silveira *et al.* (2007) observaram que o SAFRA mínimo depositou maior peso de serrapilheira (32.400 kg ha<sup>-1</sup>), quando comparado com outros SAFRAS e áreas de cultivo de banana. De acordo com a autora, isto ocorreu devido à maior biodiversidade e adensamento de plantas no SAFRA mínimo em relação às outras áreas. Arato, Martins e Ferrari (2003), estudando a produção e decomposição de serrapilheira em um sistema agroflorestal em Viçosa (MG), verificaram uma produção anual de serrapilheira de 10.160 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo Silveira *et al.* (2007) a poda dos componentes arbóreos dos SAFs favorece a elevação da quantidade de serrapilheira aportada.

Vários fatores bióticos e abióticos influenciam na produção de serrapilheira, tais como: o tipo de vegetação, a altitude, a latitude, a precipitação, a temperatura, os regimes de luminosidade, o relevo, o estágio sucessional, a disponibilidade hídrica, as características do solo (FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2003), a herbivoria (PORTES; KOEHLER; GALVÃO, 1996), o vento (DIAS; OLIVEIRA-FILHO, 1997), o fotoperíodo, a competição intercotas (MEDEIROS; ALMEIDA, 2003), as características genéticas, a idade, o adensamento do plantio (FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2003), as práticas de manejo (GÖTSCH, 1995; SILVEIRA *et al.*, 2007) e o grau de perturbação da

área (WERNECK; PEDRALLI; GIESEKE, 2001).

As regiões que apresentam alto índice pluviométrico produzem, em geral, maior quantidade de materiais orgânicos que irão formar a serrapilheira (GONZALEZ; GALLARDO, 1982). Em estudos realizados na floresta amazônica, Klinge (1975), registrou maiores aportes nos meses de alta precipitação, sendo que, no período seco, houve um considerável aumento de flores, frutos e galhos finos depositados. Em relação à temperatura, regiões de baixa temperatura apresentaram menor produção desse material em relação às regiões tropicais (PROCTOR, 1983).

Herrera *et al.* (1978) constataram que, florestas sobre solos de baixa fertilidade, em geral, retornam menor quantidade de material formador de serrapilheira em relação aos solos férteis. Em média, as florestas tropicais sobre solos de baixa fertilidade apresentam por ano cerca de 7.500 kg ha<sup>-1</sup> de serrapilheira. No entanto, solos de fertilidade média apresentam 10.500 kg ha<sup>-1</sup>.

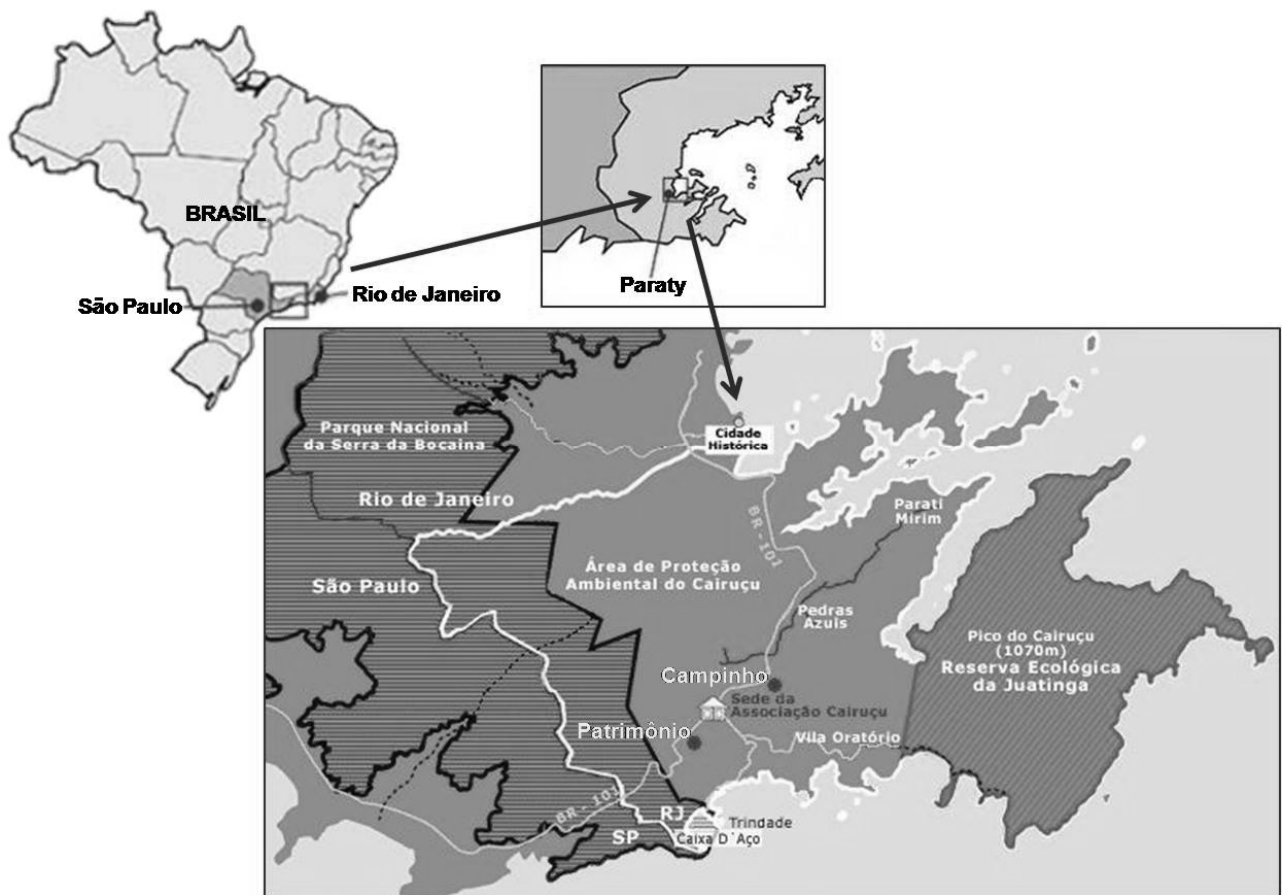
Áreas mais alteradas apresentam maior quantidade de serrapilheira devido ao elevado número de espécies pioneiras que investem intensamente na produção de biomassa como estratégia de recuperação (MARTINS; RODRIGUES, 1999; KÖNING *et al.*, 2002; MACHADO, 2006). Por outro lado, áreas menos alteradas possuem pequeno número de espécies pioneiras apresentando menor produção de biomassa (LEITÃO-FILHO, 1993). Com base nisso, o aporte de serrapilheira pode ser empregado como um indicador visando avaliar o processo de recuperação da vegetação (MARTINS; RODRIGUES, 1999).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

##### **3.1.1. LOCALIZAÇÃO**

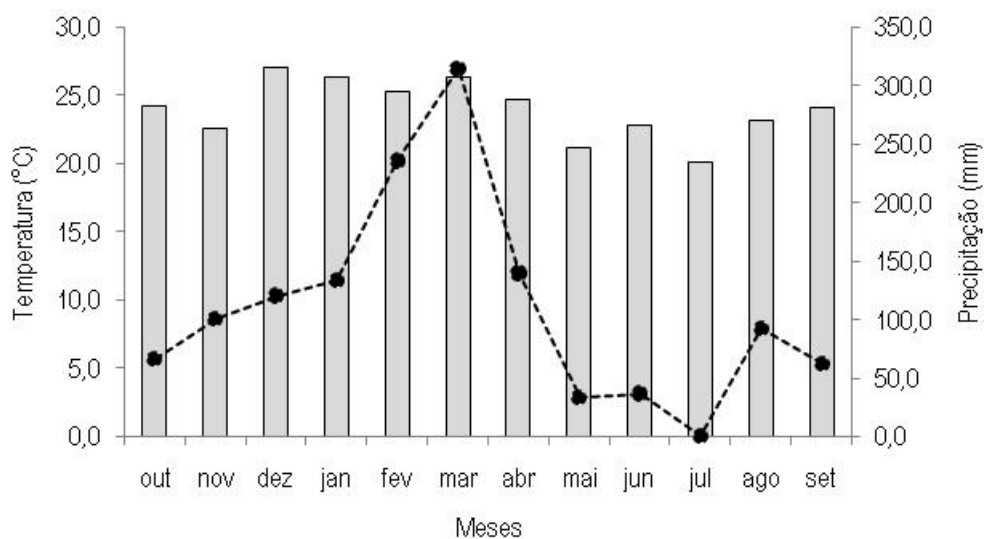
Os estudos foram conduzidos em duas unidades experimentais recuperadas com sistemas agroflorestais, localizadas no município de Paraty (RJ), nas comunidades quilombolas do Campinho da Independência e do Patrimônio, e em uma área de floresta secundária contígua ao experimento (Figura 1). As unidades experimentais estão situadas em Área de Preservação Permanente (APP) e na Área de Proteção Ambiental (APA) do Caiuru e no entorno do Parque Nacional da Serra da Bocaina no distrito de Paraty-Mirim, no município de Paraty-RJ, nas coordenadas geográficas 44° 42' longitude Oeste e 23° 17' latitude Sul, e altitude de 60 m acima do nível do mar.



**Figura 1:** Mapa de localização das comunidades do Campinho da Independência e do Patrimônio, Paraty-RJ.

### 3.1.2. CLIMA

O clima da região é do tipo Cwa, de acordo com a classificação Köppen (1948). A precipitação anual média é de 2384 mm e temperatura média anual de 27° C (MELLO, 2006). Os dados registrados para o período (outubro de 2007 à setembro de 2008) em que foi desenvolvido este estudo são apresentados na Figura 2.



**Figura 2:** Dados de temperatura e precipitação (–) coletados na Estação Meteorológica de Paraty-RJ, no período de outubro de 2007 a setembro de 2008.

### 3.1.3. SOLO E RELEVO

As principais classes de solos encontradas na região são os Cambissolos, Neossolos e Latossolos Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 1981; EMBRAPA, 1999). A região apresenta relevo acidentado e montanhoso.

### 3.1.4. VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal original das áreas de estudo é do tipo Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 1992).

## 3.2. UNIDADES EXPERIMENTAIS DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS

As unidades experimentais foram implantadas em forma de mutirão no ano de 2003 pelo Projeto PRODEBAT-Paraty (PIÑA-RODRIGUES *et al.*, 2006) com o objetivo de propor metodologias para a proteção de áreas de mata ciliar com sistemas agroflorestais visando à proposição de alternativas sustentáveis para a geração de renda em comunidades tradicionais (Figura 3).





**Figura 3:** Vista geral das unidades experimentais de sistemas agroflorestais em Paraty-RJ. A – Campinho da Independência; B – Patrimônio. Ano: 2007, aos quatro anos de idade.

O modelo de plantio adotado foi o sistema agroflorestal regenerativo e análogo (SAFRA), preconizado por Ernest Götsch (SCHULTZ; BECKER; GÖTSCH, 1994) adaptado para as condições da Mata Atlântica da

região (Anexo 1). A seleção das espécies e a forma de plantio foram efetuadas a partir de levantamentos florísticos e etnobotânicos visando à adoção de espécies florestais, frutíferas e agrícolas que desempenhassem diferentes funções no agroecossistema.

Cada unidade experimental foi constituída de quatro parcelas de 20 x 20 m, correspondente aos tratamentos consorciando espécies leguminosas e não-leguminosas plantadas em sistema de plantio “casado” e “solteiro”. No plantio “solteiro” foi realizado o plantio de uma muda por cova, enquanto que no “casado” foram plantadas duas mudas por cova.

Em cada um dos tratamentos foram combinadas temporalmente espécies com as seguintes funções: (a) produção agrícola de subsistência em curto prazo, (b) adubação verde, (c) frutíferas, (d) espécie de valor econômico, (e) renovadoras de fertilidade e (f) espécies florestais madeireiras e não madeireiras (Tabelas 1 e 2). As diferentes combinações constituíram-se nos seguintes tratamentos agroflorestais: T1 – leguminosas com plantio “solteiro”; T2 – leguminosas com plantio “casado”; T3 – não-leguminosas com plantio “solteiro”; T4 – não-leguminosas com plantio “casado”.

As mudas “casadas” no T2 foram *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake x *Inga* sp., *Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. x *Lonchocarpus guillemineanus* (Tul.) Malme, *Hymenaea courbaril* L. x *Musa* sp. e *Copaifera langsdorffii* Desf. x *Musa* sp., e no T4, *Cedrela fissilis* Vell. x *Citharexylum myrianthum* Cham., *Nectandra lanceolata* Ness x *Bixa ollerana* L., *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze x *Musa* sp. e *Virola bicuhyba* (Schott ex Spreng.) Warb. x *Musa* sp.

O espaçamento utilizado foi de 2,0 x 1,0 m entre as pupunhas (*Bactris gasipaes*) e 2,0 x 1,5 m entre as espécies arbóreas. No período de 2003 a 2006 foram plantadas espécies alimentares de subsistência, como feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.), milho (*Zea mays* L.) e mandioca (*Manihot esculenta* L.), e de adubação verde, como feijão de porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.), feijão guandu (*Cajanus cajans* (L.) Millsp.) e crotalária (*Crotalaria juncea* L.), nas entrelinhas das espécies arbóreas.

**Tabela 1:** Composição florística, sistemas de plantio e funções das espécies empregadas nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais localizados nas comunidades quilombolas do Campinho da Independência e do Patrimônio, Paraty-RJ. Solteiro – plantio de uma muda por cova; Casado – duas mudas por cova.

Tratamento	Sistema de plantio	Espécie arbórea	Espécies			
			Valor econômico	Frutíferas de ciclo curto e longo	Renovadoras de fertilidade	Uso potencial de sementes, óleos e madeira de lei
T1	solteiro	leguminosa	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	<i>Musa</i> sp. <i>Carica papaya</i> L. <i>Pouteria caimito</i> (Ruiz e Pav.) Radlk. <i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam. <i>Anona muricata</i> L. <i>Averrhoa carambola</i> L.	<i>Inga</i> sp.	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake
T2	casado				<i>Lonchocarpus guillemineanus</i> (Tul.) Malme	<i>Centrolobium tomentosum</i> Guill. ex Benth.
					<i>Hymenaea courbaril</i> L.	
					<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	
T3	solteiro	não leguminosa			<i>Bixa ollerana</i> L.	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.
				<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	<i>Nectandra lanceolata</i> Ness	
T4	casado				<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	<i>Virola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.

**Tabela 2:** Número de indivíduos empregados nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Paraty-RJ. T1 – leguminosas com plantio “solteiro”; T2 – leguminosas com plantio “casado”; T3 – não-leguminosas com plantio “solteiro”; T4 – não-leguminosas com plantio “casado”.

Espécies	Nome popular	Número de indivíduos			
		T1	T2	T3	T4
<i>Anona muricata</i> L.	graviola	5	9	5	9
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	jaca	6	9	6	9
<i>Averrhoa carambola</i> L.	carambola	6	8	6	8
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	pupunha	231	231	231	231
<i>Bixa ollerana</i> L.	urucum	-	-	7	15
<i>Carica papaya</i> L.	mamão	13	30	13	30
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	jequitibá	-	-	15	15
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro	-	-	8	15
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guill. ex Benth.	araribá	8	15	-	-
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	pau viola	-	-	8	15
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaíba	15	15	-	-
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá	15	15	-	-
<i>Inga</i> sp.	ingá	9	15	-	-
<i>Lonchocarpus guillemineanus</i> (Tul.) Malme	embira-de-sapo	6	15	-	-
<i>Musa</i> sp.	banana	35	35	35	35
<i>Nectandra lanceolata</i> Ness	canela	-	-	7	15
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz e Pav.) Radlk.	abiu	6	9	6	9
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	guapuruvu	7	15	-	-
<i>Virola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.	bicuíba	-	-	15	15
Total		362	421	362	421

### 3.3. USO ANTERIOR DAS UNIDADES EXPERIMENTAIS DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Quanto ao uso das áreas antes da implantação das unidades experimentais de sistemas agroflorestais, a área do Campinho da Independência era utilizada como roça para o plantio de mandioca e banana de forma convencional e a área do Patrimônio, como pastagem até o ano de 2000, quando passou a ser utilizada para o plantio de milho e mandioca.

### 3.4. PRÁTICA DE MANEJO NAS UNIDADES EXPERIMENTAIS DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Quanto às práticas de manejo empregadas nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, na área do Campinho da Independência

só foram realizadas capinas para o controle das espécies invasoras, retirando também as espécies regenerantes da área. Na área do Patrimônio, além das capinas para o controle das espécies invasoras, foram realizadas podas periódicas nas espécies arbóreas utilizadas como renovadoras de fertilidade (*Inga* sp., *L. guillemineanus*, *B. orellana* e *C. myriantum*).

### 3.5. FLORESTA SECUNDÁRIA

Segundo a Resolução CONAMA n.10 a área de floresta pode ser classificada como vegetação secundária em estágio inicial a médio de regeneração (BRASIL, 2008). A fisionomia dominante é arbórea, com estratos diferenciados, com presença de clareiras e alguns indivíduos emergentes, em especial, mamica-de-porca (*Zanthoxylum* sp.), ingás (*Inga* sp.) e camboatá (*Cupania vernalis* Cambess), e espécies pioneiras colonizadoras como embaúbas (*Cecropia* sp.), com dominância de plantas trepadeiras, cipós e lianas, com ausência de epífitas (Figura 4).



**Figura 4:** Vista geral da floresta secundária no município de Paraty-RJ. Ano: 2007.

### **3.6. COLETA DOS DADOS**

#### **3.6.1. CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS**

O crescimento das espécies arbóreas e palmeiras presentes nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais foi avaliado em outubro de 2007, quatro anos após a implantação das unidades experimentais, analisando cinco indivíduos de cada espécie, obtendo-se as seguintes informações:

- Circunferência a altura do peito (CAP): mensurada com o auxílio de uma fita métrica.
- Altura comercial (Hc): mensurada verticalmente do solo até a bifurcação, com o auxílio de uma vara estratificada.
- Altura total (Ht): mensurada verticalmente do solo até o meristema apical, com o auxílio de vara estratificada.

#### **3.6.2. MORTALIDADE**

A taxa de mortalidade foi calculada pela porcentagem remanescente das árvores em relação ao número de mudas plantadas em cada tratamento das unidades experimentais, aos quatro anos de implantação. Nos sistemas agroflorestais as mudas mortas foram replantadas somente aos seis meses de plantio.

#### **3.6.3. TAXA DE HERBIVORIA**

A taxa de herbivoria foi obtida em outubro de 2007 por estimativa da área foliar consumida utilizando as classes de porcentagem de herbivoria de acordo com Dirzo e Dominguez (1995) (Tabela 3) em cinco indivíduos de cada espécie presente nos tratamentos das unidades experimentais dos sistemas agroflorestais, analisando-se 10 folhas por indivíduo amostrado.

**Tabela 3:** Categoria de danos para avaliação do índice de herbivoria (DIRZO; DOMINGUEZ, 1995).

Classe de herbivoria	Área foliar consumida (%)
0	0
1	1 a 6
2	6 a 12
3	12 a 25
4	25 a 50
5	50 a 100

### 3.6.4. APORTE DE SERRAPILHEIRA E NUTRIENTES

Em cada tratamento das unidades experimentais e na área de floresta secundária foram definidas quatro sub-parcelas de 10 x 10 m, onde foram instalados dois coletores cônicos, totalizando oito coletores em cada tratamento. Esses coletores foram confeccionados com uma estrutura circular de arame de 0,50 m de diâmetro e revestidos de tecido do tipo helanca<sup>®</sup>, com a finalidade de impedir a perda de material formador da serrapilheira de menor dimensão e possibilitar a saída da água. Os coletores foram fixados nos troncos das árvores com fios de nylon e dispostos diagonalmente em cada sub-parcela a aproximadamente 1,30 m do solo (Figura 5).



**Figura 5:** Coletor de serrapilheira instalado nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais do Campinho da Independência e do Patrimônio e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.

O material retido nos coletores foi recolhido mensalmente, durante um ano, de outubro de 2007 a setembro de 2008, embalado, identificado e transportado para o Laboratório de Agricultura Orgânica e Produtos Orgânicos – LAO da Universidade Federal de São Carlos, Araras-SP.

A triagem foi realizada manualmente e o material foi separado nas frações *folhas*, *ramos* (diâmetro menor que 2 cm), *partes reprodutivas* (flores, frutos e sementes) e *resíduos* de acordo com a metodologia proposta por Anderson e Ingram (1993), acondicionados em sacos de papel, secos em estufa a 65°C por 24 horas e pesado em balança de precisão para a avaliação da massa seca por fração. Para a fração *partes reprodutivas*, a massa seca em estufa não foi obtida para evitar possíveis descaracterizações dos padrões morfológicos das sementes.

O material triado foi homogeneizado, obtendo-se uma amostra por estação (primavera, verão, outono e inverno) e encaminhado para o Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal de São Carlos, Araras-SP, para a análise química de micro (B, Cu, Fe, Mn e Zn) e macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S).

### **3.7. ANÁLISE DOS DADOS**

#### **3.7.1. CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS, MORTALIDADE E TAXA DE HERBIVORIA**

Os dados foram submetidos ao modelo geral linear (GLM) para realizar a análise de variância, envolvendo variáveis múltiplas e dependentes. As variáveis de crescimento, mortalidade e taxa de herbivoria foram consideradas como fatores dependentes e as áreas como fixos, empregando-se os indivíduos como repetições. Foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para a comparação das médias e o método de Levene's para a avaliação da homogeneidade da variância dos dados, que foram analisados com uso do programa SPSS 13.0 (McCUNE; GRACE, 2002).

A partir das variáveis circunferência (CAP), altura comercial (Hc) e altura total (Ht) foram calculados o incremento médio anual para altura (IMA<sub>Ht</sub>) e diâmetro (IMA<sub>DAP</sub>), adaptado de Cunha, Machado e Figueiredo-Filho (2002). Os dados de circunferência foram convertidos para diâmetro (DAP), calculando-se a



relação H/DAP. Para as características de crescimento de cada espécie foram obtidas as médias de plantas por parcela e calculado o coeficiente de variação para cada uma das variáveis dendrométricas. As relações entre as variáveis foram calculadas empregando-se o coeficiente de correlação de Spearman para Ht e IMA<sub>DAP</sub>. As análises em relação ao crescimento das espécies se concentraram na variável altura, porque esta reflete a diferenciação entre espécies de diferentes estágios sucessionais em florestas tropicais (SWAINE, 1994; THOMAS, 1996; BAKER; SWAINE; BURSLEM, 2003). A homogeneidade das variáveis altura e diâmetro foi analisada empregando-se a razão desvio e média ( $\sigma/\mu$ ), calculando-se, a seguir, o coeficiente de variação (ZAR, 1999). O modelo de regressão linear simples ajustado foi utilizado para a comparação entre as variáveis alométricas de diâmetro e altura com a densidade de plantas por sistema. Apesar das limitações, o modelo linear simples pode ser empregado quando se deseja detectar padrões interespecíficos em vez de calcular parâmetros de regressão (ALVAREZ-BUYLLA; MARTINEZ-RAMOS, 1992; YAMADA; YAKAMURA; LEE, 2000).

### 3.7.2. APORTE DE SERRAPILHEIRA E NUTRIENTES

O aporte de serrapilheira foi estimado segundo Lopes, Domingos e Struffaldi-de Vuono (2002) a partir da seguinte fórmula:

$$PAS = \frac{(PS \times 10000)}{Ac}$$

Onde:

PAS = Produção média anual de serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ );

PS = Produção média mensal de serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$ );

Ac = Área do coletor ( $\text{m}^2$ ).

Para avaliar as diferenças de aporte de serrapilheira e nutrientes entre as áreas e os meses de coleta, foi empregado o modelo geral linear (GLM) balanceado visando à realização das análises de variância envolvendo variáveis múltiplas e dependentes. Na análise de aporte de serrapilheira, as áreas e os meses foram avaliados como fatores fixos e as frações como variáveis dependentes, sendo os coletores as repetições. Na análise de nutrientes, diante da não normalidade dos dados de teor de nutrientes, estes foram transformados ( $\sqrt{x}$ ) e as áreas foram

consideradas como fatores fixos e os nutrientes como variáveis dependentes. Para a comparação das médias foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. A homogeneidade de variância dos dados foi testada empregando-se o método de Levene's, com uso do programa SPSS 13.0 (McCUNE; GRACE, 2002).

A relação entre o aporte de serrapilheira e as condições meteorológicas foi calculada empregando-se a análise de correlação de Spearman entre as variáveis climáticas e a taxa total de deposição mensal de serrapilheira.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES ÁRBOREAS**

O crescimento médio em circunferência a altura do peito (CAP), altura comercial (Hc) e altura total (Ht) das espécies arbóreas aos quatro anos de idade foram significativamente diferentes entre as unidades experimentais (Tabela 4). As espécies arbóreas do Patrimônio apresentaram maiores taxas de crescimento em relação às do Campinho da Independência.

Em ambas as áreas foram observadas a heterogeneidade de ocupação do espaço com base na alta variação obtida (Tabela 4), indicando a estratificação vertical (altura) e horizontal (diâmetro). Essa heterogeneidade expressa pelo coeficiente de variação (> 60%) foi mais acentuada nos tratamentos estabelecidos na área do Patrimônio. Felfili (1995), em estudo conduzido em áreas de floresta natural, também observou crescimento variável, com valores de coeficiente de variação superiores a 60%. Segundo a autora, esse comportamento pode ser atribuído às condições de micro-sítios, a fatores genéticos e mesmo à competição entre plantas. No caso de um sistema agroflorestal, onde todas as espécies foram plantadas simultaneamente, a estratificação pode representar uma aproximação com os sistemas naturais, uma vez que a heterogeneidade ambiental é uma

característica desejável quando se aplicam estes sistemas para a recuperação de áreas degradadas. De modo que, a estratificação favorece maior diversidade e diferenciação de nichos ecológicos, suportando maior diversidade de plantas e animais nos distintos estratos (HUNTER-JÚNIOR, 1990), sendo um importante indicador de sustentabilidade ambiental, pois pode influenciar a riqueza, a diversidade, o crescimento e a produção de biomassa da comunidade (SOUZA *et al.*, 2003).

**Tabela 4:** Coeficiente de variação (CV), circunferência a altura do peito (CAP), altura comercial (Hc) e altura total (Ht) das espécies empregadas nos tratamentos de sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ. Resultado da análise de variância e teste de Tukey ( $p = 0,05$ ).

Unidades experimentais	CV	Tratamentos				Média	F
		T1	T2	T3	T4		
<b>CAP (cm)</b>							
Campinho da Independência	124,9	14,9	13,4	6,3	11,7	11,6 B	26,18
Patrimônio	113,4	18,9	21,2	13,7	18,1	18,0 A	$p = 0,00$
<b>Hc (m)</b>							
Campinho da Independência	88,2	2,49	2,65	1,35	2,28	2,19 B	8,91
Patrimônio	131,4	4,04	4,68	2,34	2,83	3,47 A	$p = 0,03$
<b>Ht (m)</b>							
Campinho da Independência	69,4	3,77	3,90	1,88	3,44	3,25 B	30,94
Patrimônio	75,0	4,89	5,88	3,90	4,53	4,80 A	$p = 0,00$

Entre as espécies empregadas nos sistemas agroflorestais, *Bactris gasipaes*, *Centrolobium tomentosum* e *Schizolobium parahyba* apresentaram maiores crescimentos em altura comercial e total, enquanto *Virola bicuhyba* apresentou as menores taxas (Tabela 5). Piña-Rodrigues e Reis (2006) observaram, aos quatro anos de idade para as leguminosas arbóreas *S. parahyba* e *C. tomentosum*, altura média de 5,33 e 6,36 m, respectivamente, nos sistemas de plantio realizados para recuperação de área degradada na Reserva Biológica de Poço das Antas (RJ). Oliveira-Neto *et al.* (2002), ao compararem o comportamento de *Schizolobium amazonicum* em sistemas agroflorestais e monocultivos aos 40 meses de idade constataram, nos plantios consorciados, uma média de altura total de 14,78 m, enquanto que o monocultivo apresentou 13,74 m. Dessa forma, esses resultados corroboram para a indicação do uso de espécies do gênero *Schizolobium* em sistemas agroflorestais, devido aos seus rápidos crescimentos.

**Tabela 5:** Crescimento médio em circunferência a altura do peito (CAP), altura comercial (Hc) e altura total (Ht) das espécies empregadas nos sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ. Espécies ordenadas com base no crescimento médio em altura total (Ht).

Espécie	CAP (cm)	Hc (m)	Ht (m)
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	51,9 ± 22,4	4,7 ± 2,3	8,4 ± 3,0
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guill. ex Benth.	28,9 ± 7,0	7,5 ± 6,4	8,1 ± 1,9
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	32,2 ± 16,7	7,7 ± 3,9	7,8 ± 3,8
<i>Inga</i> sp.	23,1 ± 16,8	2,7 ± 1,7	5,9 ± 2,2
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	15,2 ± 14,4	4,0 ± 6,0	3,8 ± 2,6
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz e Pav.) Radlk.	7,2 ± 4,2	2,9 ± 3,7	3,8 ± 1,7
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	7,9 ± 5,1	3,1 ± 1,8	3,7 ± 1,6
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	6,8 ± 2,7	1,4 ± 0,9	3,7 ± 1,1
<i>Bixa ollerana</i> L.	13,0 ± 8,6	1,5 ± 1,1	3,6 ± 1,8
<i>Nectandra lanceolata</i> Ness	12,0 ± 15,2	2,9 ± 2,9	3,4 ± 3,3
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	11,7 ± 14,2	2,5 ± 2,3	3,2 ± 2,9
<i>Anona muricata</i> L.	7,2 ± 5,5	1,7 ± 1,7	2,9 ± 1,9
<i>Averrhoa carambola</i> L.	5,2 ± 3,3	1,1 ± 0,9	2,4 ± 1,1
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	5,4 ± 8,7	0,9 ± 1,8	2,0 ± 2,4
<i>Lonchocarpus guillemineanus</i> (Tul.) Malme	4,3 ± 4,3	0,9 ± 0,6	1,9 ± 1,2
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	2,9 ± 4,2	1,3 ± 1,9	1,5 ± 1,9
<i>Virola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.	3,7 ± 5,3	1,2 ± 1,5	1,3 ± 1,5

O crescimento médio em circunferência das espécies apresentou comportamento semelhante ao da altura. As espécies que se destacaram foram *B. gasipaes*, *S. parahyba* e *C. tomentosum*, porém a de menor diâmetro foi *Copaifera langsdorffii* (Tabela 5). De acordo com Baker, Swaine e Burslem (2003), as espécies com menor crescimento em diâmetro são aquelas com baixa altura na fase adulta, em geral, tolerantes à sombra e que aumentam de tamanho com a maior incidência de luz na fase adulta.

Para as espécies arbóreas nativas empregadas nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, confirmando o potencial de rápido crescimento, o IMA em altura total foi alto para *B. gasipaes*, *C. tomentosum* e *S. parahyba*, seguidos pelo *Inga* sp., *Nectandra lanceolata* e *Cedrela fissilis*. Dentre as frutíferas, *Artocarpus heterophyllus*, *Pouteria caimito* e *Anona muricata* apresentaram alto incremento em altura e diâmetro (Tabela 6). Enquanto o crescimento em diâmetro é mais influenciado pela competição (SWAINE, 1994), a altura reflete as diferenças no gradiente vertical de irradiação gerando variações no incremento em altura de espécies arbóreas em florestas tropicais (BAKER; SWAINE;

BURSLEM, 2003). Essas diferenças nas taxas de incremento em altura resultam do crescimento distinto entre os grupos ecológicos. Espécies pioneiras, de rápido crescimento e mais exigentes em luz apresentaram maior incremento diamétrico do que as não pioneiras de crescimento lento e tolerantes à sombra (PAROLIN, 2002).

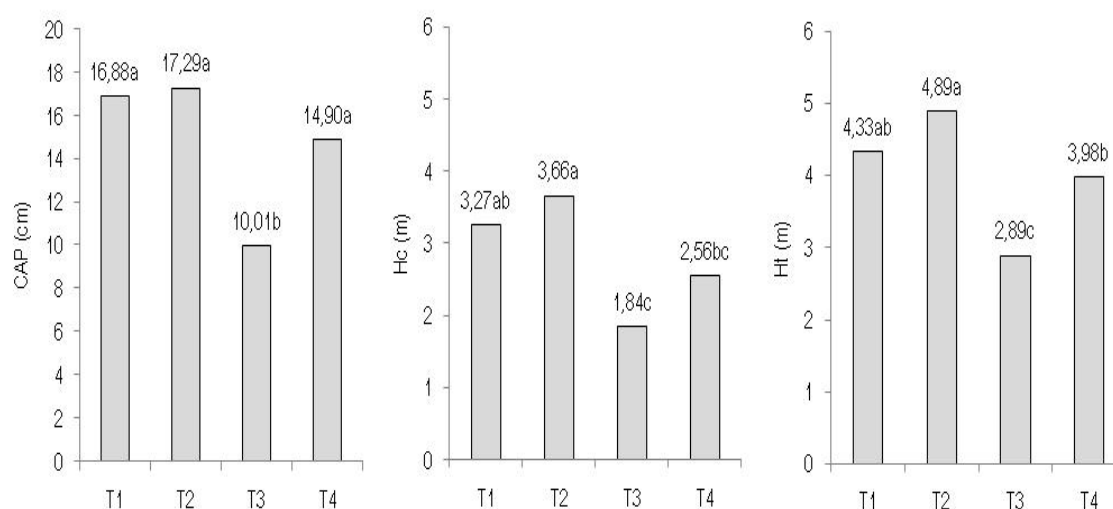
**Tabela 6:** Relação da altura total e do diâmetro a altura do peito (Ht/DAP), incremento médio anual em altura total (IMA Ht) e incremento médio anual em diâmetro (IMA DAP) das espécies arbóreas empregadas nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ. Espécies ordenadas por ordem alfabética.

Espécie	Ht (m)/DAP (cm)		IMA Ht (m.ano <sup>-1</sup> )		IMA DAP (cm.ano <sup>-1</sup> )	
	Local		Local		Local	
	Campinho	Patrimônio	Campinho	Patrimônio	Campinho	Patrimônio
<i>Anona muricata</i>	150,4	124,7	0,8	1,0	0,6	0,9
<i>Artocarpus heterophyllus</i>	94,4	106,5	1,1	1,1	1,2	1,5
<i>Averrhoa carambola</i>	134,2	183,6	0,7	0,6	0,6	0,3
<i>Bactris gasipaes</i>	66,9	53,4	1,5	2,6	3,2	5,0
<i>Bixa ollerana</i>	119,0	102,4	0,7	1,1	0,7	1,3
<i>Cariniana legalis</i>	173,5	168,5	0,9	0,9	0,6	0,6
<i>Cedrela fissilis</i>	120,6	113,3	1,0	1,4	0,9	1,7
<i>C. tomentosum</i>	82,5	98,4	1,7	2,4	2,1	2,5
<i>Citharexylum myrianthum</i>	210,0	148,7	0,3	0,8	0,2	0,7
<i>Copaifera langsdorffii</i>	195,3	175,1	0,5	1,1	0,3	0,7
<i>Hymenaea courbaril</i>	156,6	211,3	0,8	1,0	0,6	0,5
<i>Inga sp.</i>	103,0	123,7	1,2	1,7	1,6	2,1
<i>L. guillemineanus</i>	161,7	143,3	0,5	0,6	0,3	0,4
<i>Nectandra lanceolata</i>	238,5	117,3	0,5	1,5	0,2	1,8
<i>Pouteria caimito</i>	177,4	172,6	0,7	1,1	0,4	0,7
<i>Schizolobium parahyba</i>	90,0	76,6	1,2	2,7	1,6	3,5
<i>Virola bicuhyba</i>	144,6	112,1	0,4	0,8	0,3	0,8
Média	129,9	128,3	0,9	1,4	1,1	1,6

Nas unidades experimentais, Campinho da Independência e Patrimônio, os incrementos diamétricos foram superiores aos observados em florestas ombrófilas montanas tropicais e subtropicais, os quais variaram de 0,10 - 0,23 cm ano<sup>-1</sup> a 0,78 cm ano<sup>-1</sup> (WILLIAMS-LINERA, 1996). No entanto, os valores de incremento em altura observados foram inferiores aos registrados por Tonini *et al.* (2006) em áreas plantadas, com incrementos de 3,5 m ano<sup>-1</sup> para a espécie pioneira *Acacia mangium* após 48 meses. Porém, no incremento diamétrico foram obtidos valores similares aos observados para *C. tomentosum* e *S. parahyba*, e inferior à *B. gasipaes* (SOUZA *et al.*, 2004). Desse modo, ao aplicar esses dados como

indicadores, a produtividade obtida no sistema agroflorestal foi superior ao das florestas naturais. Com isso, o sistema atende, nesse quesito, à condição de gerar produtividade florestal, citada como uma das características desejáveis dos agroecossistemas (ALTIERI, 1995; DANIEL; COUTO; VITORINO, 1999; MEDRADO, 2000).

Piña-Rodrigues *et al.* (2000), ao estudarem a leguminosa arbórea *Schizolobium amazonicum* consideraram promissora em plantios mistos devido ao seu alto incremento em altura e diâmetro. Em termos silviculturais, o incremento médio pode permitir a estimativa da colheita da produção florestal. Entre as leguminosas arbóreas, tanto *S. parahyba* quanto *C. tomentosum*, cujo diâmetro comercial médio para corte é de 20 - 25 cm, poderão atingir este valor entre sete e nove anos, caso o IMA mantenha-se constante. Com base nesses dados, essas espécies seriam altamente promissoras para o plantio em sistemas agroflorestais.

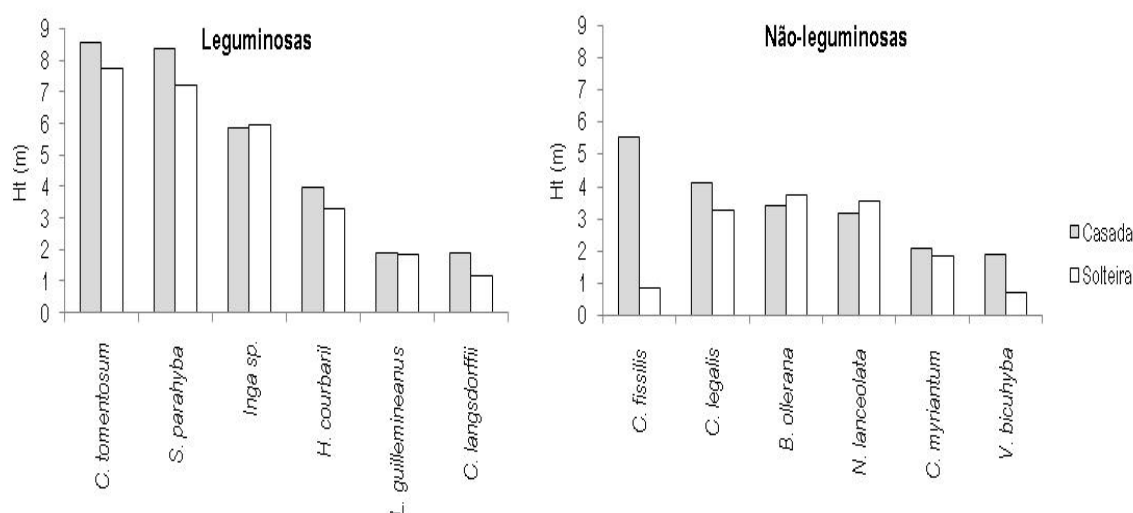


**Figura 6:** Crescimento médio em circunferência a altura do peito (CAP), altura comercial (Hc) e altura total (Ht) das espécies empregadas nos tratamentos de sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ. Médias seguidas de mesma letra indicam que os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ). T1 – leguminosas com plantio “solteiro”; T2 – leguminosas com plantio “casado”; T3 – não-leguminosas com plantio “solteiro”; T4 – não-leguminosas com plantio “casado”.

Considerando o uso de espécies leguminosas e não-leguminosas, houve diferença significativa entre elas para todas as variáveis analisadas ( $F_{CAP} = 6,01$ ;  $F_{Hc} = 13,26$ ;  $F_{Ht} = 6,01$ ;  $p < 0,01$ ), com maior desenvolvimento médio para as espécies leguminosas. Os tratamentos com espécies leguminosas (T1 e T2) apresentaram maiores crescimentos, principalmente no plantio “casado” (T2) para

todas as variáveis estudadas. Entre as não-leguminosas (T3 e T4), o plantio “casado” (T4) foi o que apresentou maiores taxas de crescimento, tendo sido significativamente diferente para CAP e altura total (Figura 6). Os dados obtidos no presente trabalho mostraram a eficiência do plantio “casado”, independente do uso de espécies leguminosas ou não-leguminosas. Desse modo, o plantio “casado” em sistemas agroflorestais, colocando dois exemplares lado a lado, não atrasa o desenvolvimento das plantas, ao contrário, as árvores crescem melhor ao terem uma “intensa companhia” (OSTERROHT, 2002). Com isso, esses resultados vêm contribuir para o conhecimento sobre os sistemas agroflorestais, indicando o potencial de uso de plantios “casados”, principalmente para as espécies não-leguminosas.

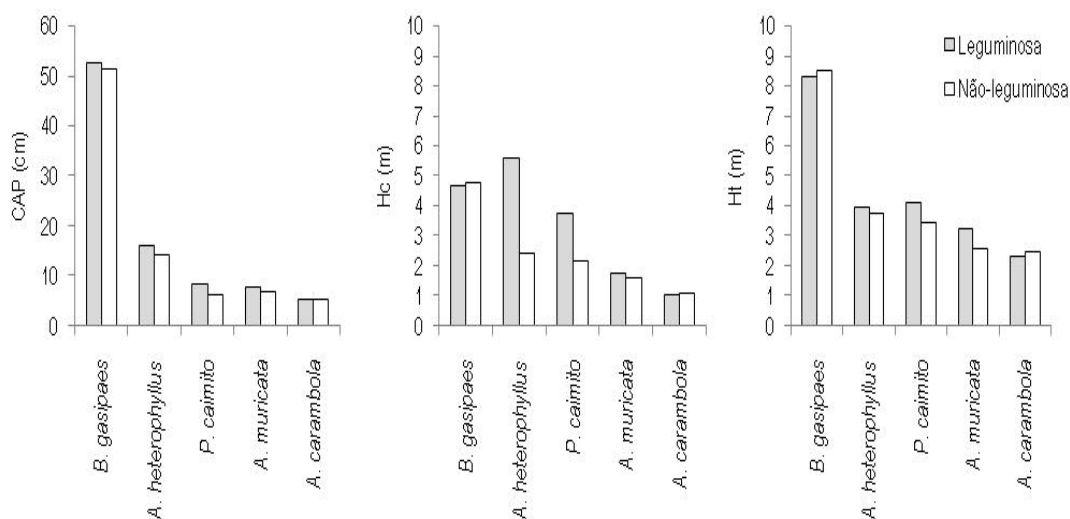
Ao analisar o comportamento isolado das espécies leguminosas, *S. parahyba* e *C. tomentosum* apresentaram maiores crescimentos no sistema de plantio “casado” quando comparado com o “solteiro”, enquanto *Inga* sp. foi indiferente ao sistema de plantio (Figura 7). Entre as espécies não-leguminosas, *C. fissilis* e *Cariniana legalis* apresentaram maiores alturas no plantio “casado” e *Bixa ollerana* e *N. lanceolata* no plantio “solteiro”. Desse modo, pode-se sugerir que as diferenças observadas entre os plantios “casado” e “solteiro” podem advir mais de características das espécies do que do próprio sistema de plantio.



**Figura 7:** Crescimento médio em altura (m) das espécies leguminosas e não-leguminosas empregadas nos métodos de plantio “casado” (duas plantas/cova) e “solteiro” (uma planta/cova) nos sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ.



Nas demais plantas inseridas no sistema agroflorestal, *B. gasipaes* foi o que apresentou maior crescimento em altura e diâmetro, confirmando que, até aos quatro anos, pode ser empregado em sistemas agroflorestais sem perda de produtividade em crescimento (Figura 8), pela precocidade na produção de palmito (TONET; FERREIRA; OTOBONI, 1999).



**Figura 8:** Crescimento médio em circunferência a altura do peito (CAP), altura comercial (Hc) e altura total (Ht) das espécies frutíferas e de valor econômico empregadas em plantios associados com espécies leguminosas e não-leguminosas, nos sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ.

## 4.2. MORTALIDADE

A mortalidade das espécies arbóreas aos quatro anos de plantio foi alta na área do Campinho da Independência no T3 (Tabela 7), o qual foi totalmente dominado pelas espécies invasoras, impedindo o desenvolvimento das espécies arbóreas e palmeiras, com exceção de *Bixa ollerana*, que apresentou baixa mortalidade. No T1, as espécies frutíferas de ciclo longo, *Pouteria caimito*, *Artocarpus heterophyllum*, *Anona muricata* e *Averrhoa carambola* apresentaram 100% de sobrevivência, assim como *A. muricata* e *A. carambola*, no T2.

Na área do Patrimônio verificou-se em T1 e T3, alta taxa de mortalidade de *A. carambola* (Tabela 7). Os indivíduos de *A. carambola* encontrados nas unidades experimentais apresentaram manchas arredondadas nas folhas com aspecto ferruginoso e ligeiramente salientes. *Cephaleuros virescens* Kuntze, agente etiológico da "ferrugem amarela", ataca *A. carambola* especialmente sob condições

**Tabela 7:** Taxa de mortalidade das espécies arbóreas nos tratamentos das unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ. T1 – leguminosas com plantio “solteiro”; T2 – leguminosas com plantio “casado”; T3 – não-leguminosas com plantio “solteiro”; T4 – não-leguminosas com plantio “casado”.

Espécie	Campinho				Média	Espécies	Patrimônio				Média
	T1	T2	T3	T4			T1	T2	T3	T4	
<i>N. lanceolata</i>	-	-	100,0	53,3	76,7	<i>C. langsdorffii</i>	93,3	86,7	-	-	90,0
<i>C. langsdorffii</i>	53,3	80,0	-	-	66,7	<i>V. bicuhyba</i>	-	-	86,7	80,0	83,3
<i>C. fissilis</i>	-	-	100,0	26,7	63,3	<i>A. muricata</i>	60,0	22,2	80,0	22,2	46,1
<i>V. bicuhyba</i>	-	-	93,3	33,3	63,3	<i>C. legalis</i>	-	-	46,7	33,3	40,0
<i>C. myriantum</i>	-	-	87,5	26,7	57,1	<i>C. fissilis</i>	-	-	50,0	26,7	38,3
<i>B. gasipaes</i>	36,8	45,4	79,6	18,2	45,0	<i>L. guillemineanus</i>	50,0	26,7	-	-	38,3
<i>C. legalis</i>	-	-	46,7	13,3	30,0	<i>N. lanceolata</i>	-	-	14,3	60,0	37,1
<i>L. guillemineanus</i>	16,7	33,3	-	-	25,0	<i>H. courbaril</i>	46,7	26,7	-	-	36,7
<i>A. heterophyllus</i>	0,0	44,4	33,3	22,2	25,0	<i>A. heterophyllus</i>	16,7	44,4	50,0	33,3	36,1
<i>P. caimito</i>	0,0	33,3	33,3	22,2	22,2	<i>A. carambola</i>	50,0	50,0	16,7	25,0	35,4
<i>A. muricata</i>	0,0	0,0	60,0	11,1	17,8	<i>B. gasipaes</i>	23,8	19,5	16,4	33,8	23,4
<i>Inga sp.</i>	22,2	13,3	-	-	17,8	<i>Inga sp.</i>	11,1	33,3	-	-	22,2
<i>S. parahyba</i>	0,0	20,0	-	-	10,0	<i>C. myriantum</i>	-	-	25,0	13,3	19,2
<i>A. carambola</i>	0,0	0,0	33,3	0,0	8,3	<i>S. parahyba</i>	14,3	20,0	-	-	17,1
<i>B. ollerana</i>	-	-	14,3	0,0	7,1	<i>P. caimito</i>	16,7	22,2	0,0	11,1	12,5
<i>C. tomentosum</i>	12,5	0,0	-	-	6,2	<i>B. ollerana</i>	-	-	0,0	13,3	6,7
<i>H. courbaril</i>	0,0	6,7	-	-	3,3	<i>C. tomentosum</i>	12,5	0,0	-	-	6,2

de umidade e temperaturas elevadas (ALMEIDA; VASCONCELOS; FREIRE, 1985), como no caso da área estudo, o que pode ter favorecido a mortalidade dessas plantas.

Nas unidades experimentais Campinho da Independência e Patrimônio observou-se altas taxas de mortalidade de *Copaifera langsdorffii* e *Virola bicuhyba*. Na literatura há poucas informações sobre o crescimento de *V. bicuhyba* em plantios experimentais. Contudo, essa característica também foi observada por Piña-Rodrigues *et al.* (2000) estudando *Virola surinamensis* (Rol.) Warb., que observaram baixos incrementos no crescimento e alta mortalidade quando plantios homogêneos. Em testes realizados no Paraná, houve mortalidade total das mudas de *V. bicuhyba* (CARVALHO, 2003). Por ser uma espécie secundária tardia, a radiação solar pode ter sido responsável pela alta taxa de mortalidade dessa espécie. Em estudos realizados na Reserva Biológica de Poços das Antas (RJ), Moraes *et al.* (2005) concluíram que, só após o estabelecimento das espécies sombreadoras, as espécies tardias foram claramente favorecidas, como no caso de *C. langsdorffii*, o que corrobora com a alta taxa de mortalidade encontrada no presente estudo.

### 4.3. HERBIVORIA

Não foi observada diferença significativa na intensidade de herbivoria entre as unidades experimentais Campinho da Independência e Patrimônio. Entretanto, foram obtidas diferenças entre os tratamentos ( $F = 19,06$ ;  $p < 0,01$ ) e entre as espécies empregadas nos sistemas agroflorestais para a ausência de herbivoria ( $F = 11,11$ ;  $p = 0,00$ ).

A taxa de herbivoria no T3 foi significativamente diferente dos demais tratamentos (Tabela 8), no entanto, essa diferença pode ter sido acarretada pela presença de espécies invasoras herbáceas, em especial na área do Campinho da Independência. Entre as espécies empregadas, *Inga* sp. e *N. lanceolata* apresentaram maior porcentagem de danos por herbivoria, enquanto que *B. gasipaes*, *S. parahyba* e *Cariniana legalis* não apresentaram danos aparentes (Tabela 9).

**Tabela 8:** Porcentagem média de herbivoria de herbivoria nos tratamentos de sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ. Médias seguidas de mesma letra indicam que os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ). T1 – leguminosas com plantio “solteiro”; T2 – leguminosas com plantio “casado”; T3 – não-leguminosas com plantio “solteiro”; T4 – não-leguminosas com plantio “casado”.

Tratamento	Taxa herbivoria (%)
T1	20,82a
T2	13,45a
T3	41,82b
T4	17,36a

Comparando os métodos de plantio “solteiro” e “casado”, a ausência de herbivoria foi significativa ( $F = 23,31$ ;  $p < 0,01$ ), assim como para as espécies leguminosas e não-leguminosas ( $F = 13,37$ ;  $p < 0,01$ ). O plantio “casado” apresentou 84,6% de plantas sadias (ausência de herbivoria), enquanto que o “solteiro”, 68,6%.

As espécies leguminosas apresentaram menores taxas de herbivoria (9,0%) em relação às não-leguminosas (11,5%). Entre as leguminosas, *Inga* sp. apresentou maior dano por herbivoria, ao contrário de *S. parahyba*. Entre as não-leguminosas, *N. lanceolata* apresentou maior índice de herbivoria, enquanto que *C. legallis* não apresentou indícios de predação (Tabela 9).

**Tabela 9:** Porcentagem média de herbivoria das espécies empregadas nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, aos quatro anos de idade, Paraty-RJ.

Espécie	Espécie arbórea		Herbivoria (%)
	Leguminosa	Não-leguminosa	
<i>Inga</i> sp.	X		51,0
<i>Nectandra lanceolata</i>		X	44,5
<i>Lonchocarpus guillemineanus</i>	X		24,5
<i>Virola bicuhyba</i>		X	23,0
<i>Citharexylum myrianthum</i>		X	19,0
<i>Bixa ollerana</i>		X	15,0
<i>Pouteria caimito</i>			14,2
<i>Anona muricata</i>			4,2
<i>Copaifera langsdorffii</i>	X		3,0
<i>Centrolobium tomentosum</i>	X		2,5
<i>Cedrela fissilis</i>		X	2,0
<i>Artocarpus heterophyllus</i>			1,2
<i>Hymenaea courbaril</i>	X		1,0
<i>Averrhoa carambola</i>			0,7
<i>Bactris gasipaes</i>			0,0
<i>Schizolobium parahyba</i>	X		0,0
<i>Cariniana legalis</i>		X	0,0

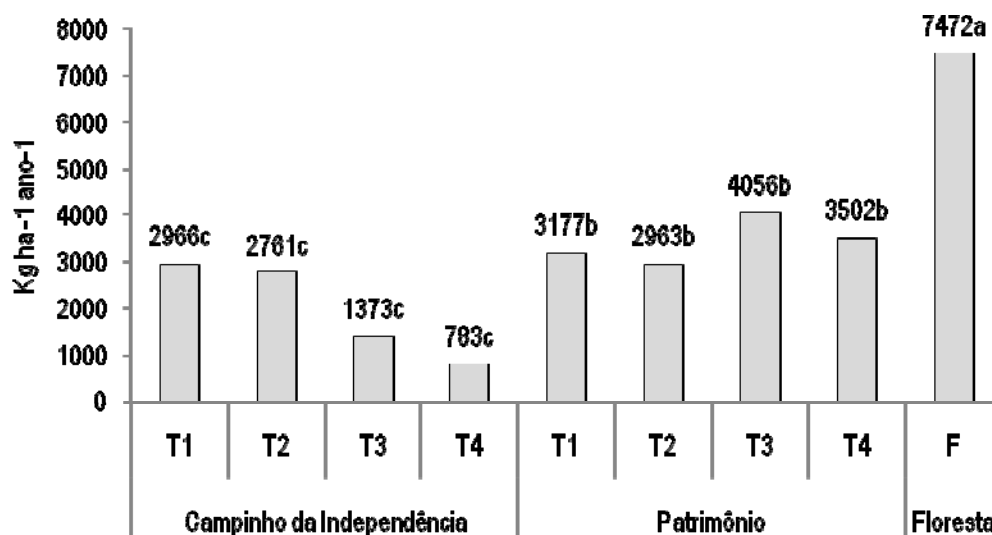
Os dados obtidos neste estudo mostram que a incidência de herbivoria foi significativamente baixa nas unidades experimentais (<10%). Resultado semelhante também foi observado por Franco (2000) em sistemas agroflorestais na Zona da Mata (MG). Desse modo, esses dados fortalecem a proposta teórica e os princípios de Ernest Götsch (PENEIREIRO, 1999) e as afirmações de Vandermeer (1989) e Altieri (1995) de que, quanto maior a diversidade de espécies em um sistema, maior a sua estabilidade e menor a incidência de pragas e doenças.

#### 4.4. APORTE DE SERRAPILHEIRA E NUTRIENTES

##### 4.4.1. APORTE DE SERRAPILHEIRA E SAZONALIDADE

O aporte de serrapilheira foi significativamente diferente entre as três áreas estudadas ( $F = 22,52$ ;  $p < 0,01$ ). O maior aporte de serrapilheira foi encontrado na floresta secundária, seguida pela área do Patrimônio e do Campinho

da Independência (Figura 9). O valor observado na floresta secundária (7.472 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) está contido no intervalo dos dados de florestas tropicais, variando entre 4.000 a 25.000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (GOLLEY *et al.*, 1978) (Tabela 10).



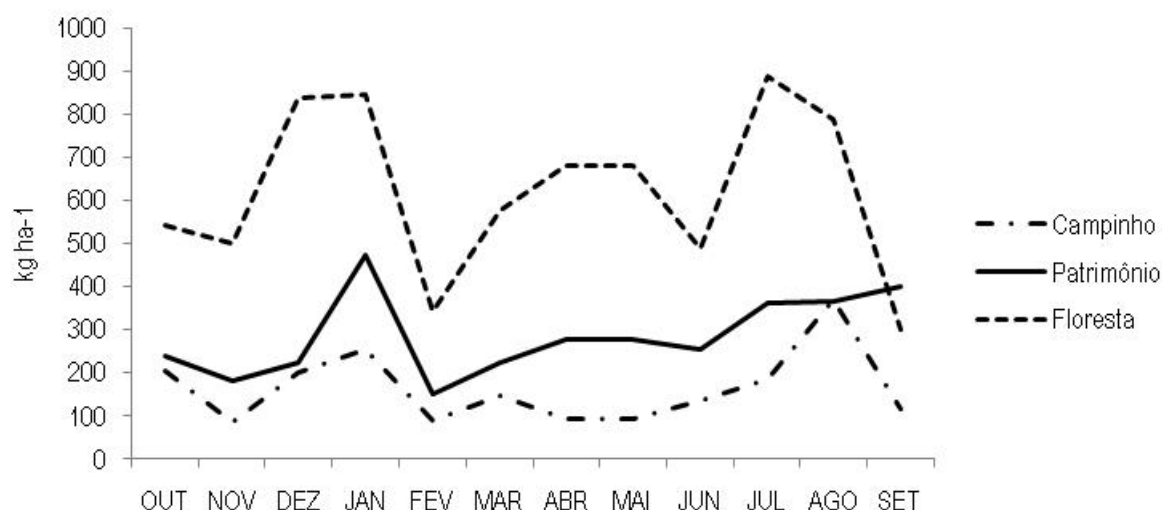
**Figura 9:** Aporte de serrapilheira total (kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ. Médias seguidas de mesma letra indicam que não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ). T1 – leguminosas com plantio “solteiro”; T2 – leguminosas com plantio “casado”; T3 – não-leguminosas com plantio “solteiro”; T4 – não-leguminosas com plantio “casado”.

**Tabela 10:** Aporte total de serrapilheira (kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) em ecossistemas florestais.

Floresta/Local	Aporte serrapilheira (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Fonte
Floresta Ombrófila Densa plantada (3 anos (REBIO, Poço das Antas, RJ)	3.025	Barbosa e Faria (2006)
Floresta Ombrófila Densa plantada (20 anos) (REBIO, Poço das Antas, RJ)	5.479	Barbosa e Faria (2006)
Floresta Ombrófila Densa plantada (40 anos) (REBIO, Poço das Antas, RJ)	6.874	Barbosa e Faria (2006)
Floresta Ombrófila Densa Secundária (REBIO, Poço das Antas, RJ)	12.220	Araújo <i>et al.</i> (2006)
Floresta Ombrófila Densa plantio adensado (5 anos) (REBIO, Poço das Antas, RJ)	9.690	Araújo <i>et al.</i> (2006)
Floresta Ombrófila Densa plantio semi-adensado (5 anos) (REBIO, Poço das Antas, RJ)	10.370	Araújo <i>et al.</i> (2006)
Floresta Ombrófila Densa plantio tradicional (5 anos) (REBIO, Poço das Antas, RJ)	9.970	Araújo <i>et al.</i> (2006)
Floresta Ombrófila Densa Montana (Teresópolis, RJ)	5.597	Freire (2006)

Floresta/Local	Aporte serrapilheira (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Fonte
Fragmentos de Floresta Ombrófila Densa Montana (Teresópolis, RJ)	4.900	Gondim (2005)

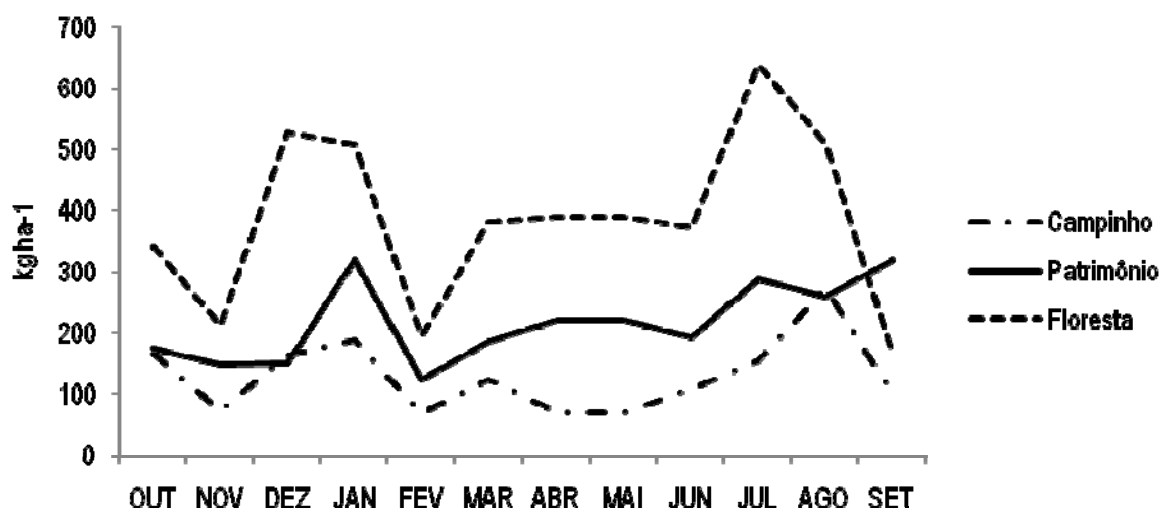
Os maiores valores de aporte de serrapilheira nas áreas estudadas foram alcançados nos meses de janeiro e agosto (Figura 10). A maior deposição ao final da estação seca, correspondente na região ao mês de agosto, também foi observada em outros estudos na Floresta Ombrófila Densa (WERNECK; PEDRALLI; GIESEKE, 2001; ARAÚJO, 2002; TOLEDO; PEREIRA, 2004). Segundo Dias e Oliveira Filho (1997), na estação seca, o pico de deposição de serrapilheira pode ser provocado como alternativa ao estresse hídrico.



**Figura 10:** Aporte sazonal de serrapilheira (kg ha<sup>-1</sup>) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.

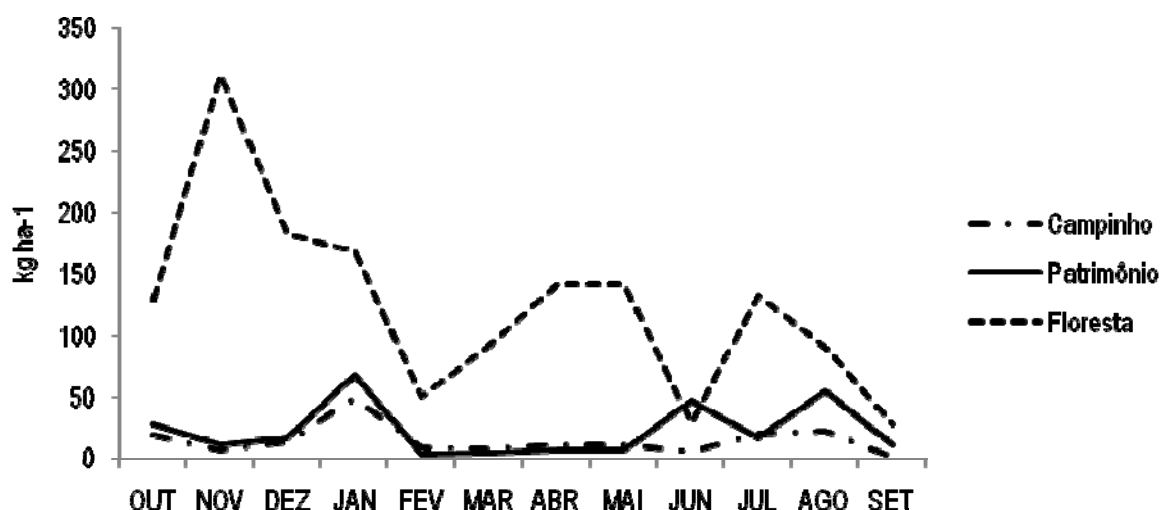
A fração foliar foi dominante em todas as áreas de estudo, com maior aporte na área de floresta secundária (Tabela 11). Percentual semelhante foi obtido em outros estudos conduzidos em florestas tropicais, situando-se em torno de 60 a 80% da serrapilheira total (MEENTMEYER; BOX; THOMPSON, 1982; MARTINS; RODRIGUES, 1999; ARAÚJO *et al.*, 2006; MACHADO; PIÑA-RODRIGUES; PEREIRA, 2008). A fração foliar apresentou pico de deposição nos meses de janeiro e julho (Figura 11), o que pode estar relacionado às baixas taxas de precipitação registradas nesses meses. A maior deposição da fração foliar em períodos de seca pode ser uma resposta da vegetação ao estresse hídrico, já que a queda de folhas

reduziria a perda de água da planta por transpiração (MARTINS; RODRIGUES, 1999).



**Figura 11:** Aporte sazonal da fração foliar ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.

O maior aporte da fração ramos ocorreu na área de floresta secundária (Tabela 11). O pico de produção foi observado nos meses de janeiro e julho/agosto (Figura 12). Esse resultado se assemelha ao de outros trabalhos que apresentaram o pico de desrama entre dois e quatro meses após o final da estação seca (DIAS; OLIVEIRA-FILHO, 1997; MACHADO; PIÑA-RODRIGUES; PEREIRA, 2008).



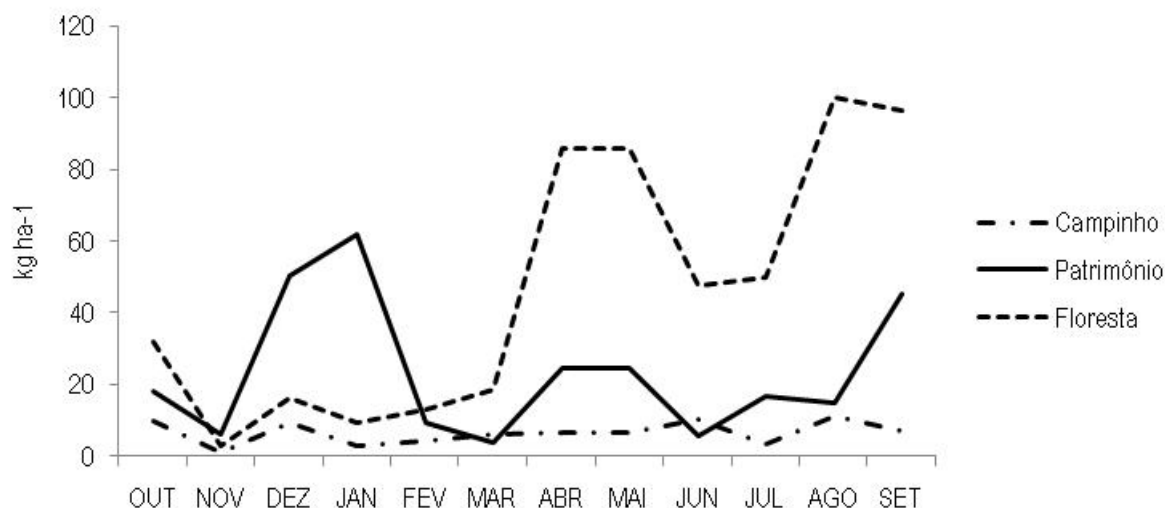
**Figura 12:** Aporte sazonal da fração ramos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.

**Tabela 11:** Estimativa do aporte anual de serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ. Médias seguidas de mesma letra indicam que não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ).

Frações da serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ )	Campinho da Independência				Patrimônio				Floresta secundária
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	
Folhas	2.278,9 ± 129,0c (77%)	2.116,3 ± 82,8c (77%)	1.208,5 ± 71,8c (88%)	641,3 ± 25,8c (82%)	2.299,3 ± 133,8b (72%)	2.320,5 ± 87,7b (78%)	3.124,2 ± 185,0b (77%)	2.696,7 ± 56,1b (77%)	4.636,3 ± 145,6a (62%)
Ramos	204,4 ± 14, b (7%)	424,2 ± 39,9b (15%)	24,2 ± 2,3b (2%)	47,0 ± 10,4b (6%)	173,9 ± 18,3b (5%)	321,9 ± 54,2b (11%)	310,4 ± 44,1b (8%)	309,9 ± 39,6b (9%)	1.499,0 ± 78,2a (20%)
Partes reprodutivas	133,3 ± 11,7c (4%)	93,0 ± 4,5c (3%)	53,8 ± 2,6c (4%)	30,9 ± 3,7c (4%)	515,6 ± 51,6b (16%)	125,7 ± 15,1b (4%)	181,7 ± 11,2b (4%)	306,7 ± 16,6b (9%)	559,3 ± 36,6b (7%)
Resíduos	349,5 ± 39,4b (12%)	127,6 ± 8,2b (5%)	86,7 ± 9,1b (6%)	71,5 ± 8,8b (9%)	188,7 ± 10,0b (6%)	194,4 ± 13,0b (7%)	440,1 ± 21,3b (11%)	269,7 ± 14,4b (8%)	860,7 ± 38,2b (12%)
Total	2.966	2.761	1.373	783	3.177	2.963	4.056	3.502	7.472



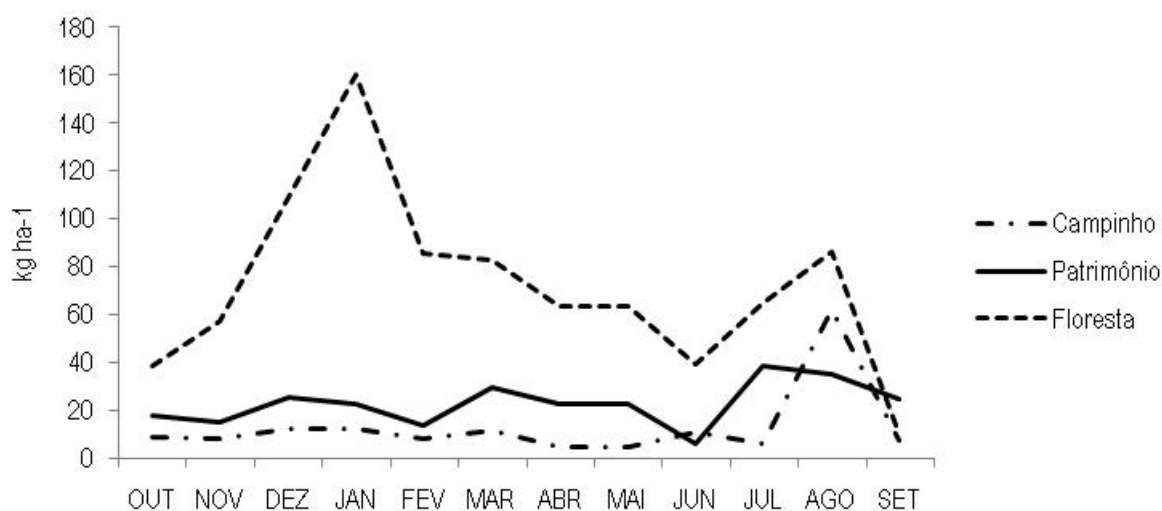
A fração parte reprodutiva (flores, frutos e sementes) apresentou aporte variável entre as áreas de estudo (Figura 13), estando associada à ocorrência de fenofases das espécies. Na floresta secundária, os maiores aportes ocorreram nos meses de abril a maio, no final da estação chuvosa, e em agosto-setembro, durante o período seco (Figura 13).



**Figura 13:** Aporte sazonal da fração partes reprodutivas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.

Os valores obtidos para a fração parte reprodutiva podem estar superestimados (Tabela 11), pois a massa seca em estufa não foi avaliada para evitar possíveis descaracterizações dos padrões morfológicos das sementes, preservando este material para futuro estudo. No entanto, os resultados obtidos assemelham-se a outros estudos em âmbito de Floresta Ombrófila Densa com valores de 0,33% (LEITÃO-FILHO, 1993), 2% (DOMINGOS *et al.*, 1997), 6% (MACHADO; PIÑA-RODRIGUES; PEREIRA (2008) e 6,4% (GONDIM, 2005).

A fração resíduos apresentou maior aporte na área de floresta secundária (Figura 14), com pico de deposição em janeiro na floresta secundária e em agosto nas demais áreas. Esse elevado valor da fração resíduos obtido na área da floresta secundária deve-se à grande abundância de insetos e material fecal encontrado nos coletores. Segundo Machado, Piña-Rodrigues e Pereira (2008) a maior quantidade de insetos e material fecal na área de floresta é esperado devido à maior complexidade desse sistema.



**Figura 14:** Aporte sazonal da fração resíduo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.

Vários estudos têm encontrado correlação entre os padrões sazonais de queda de serrapilheira e fatores climáticos (PORTES; KOEHLER; GALVÃO, 1996; DOMINGOS *et al.*, 1997; MARTINS; RODRIGUES, 1999; SANTOS; VÁLIO, 2002; ARAÚJO *et al.*, 2006). O aporte de serrapilheira foi influenciado tanto pelos fatores climáticos quanto pela área estudada. Também não se detectou um efeito imediato das variáveis de clima sobre o aporte de serrapilheira. Enquanto a correlação entre o aporte de serrapilheira e as condições climáticas ocorridas no mesmo mês e em seis meses antes da amostragem foi baixa ( $r < 0,40$ ), entre dois a cinco meses houve maior correlação, em especial para as unidades experimentais do Patrimônio.

Os diferentes valores de correlação obtidos entre as variáveis climáticas nas áreas estudadas indicam que a influência dos fatores climáticos foi distinta entre elas. Na unidade experimental do Campinho da Independência o aporte de serrapilheira foi afetado pelos fatores climáticos, porém com menor intensidade do que a do Patrimônio. As correlações no Campinho da Independência ocorreram com valores considerados medianos ( $0,40 < r < 0,60$ ), tanto em relação à temperatura mínima do mês anterior ( $r = -0,52$ ) e de três meses antes ( $r = -0,52$ ), quanto pela precipitação observada cinco meses antes ( $r = 0,53$ ). Por outro lado, a área do Patrimônio apresentou redução no aporte de serrapilheira fortemente correlacionada ( $r > 0,70$ ) com o aumento das temperaturas máxima ( $r = -0,86$ ) e média ( $r = -0,73$ ) ocorridas dois meses antes e medianamente afetado pela

precipitação ( $r = 0,56$ ) observada cinco meses antes da amostragem. Na floresta secundária, a temperatura também não foi tão determinante no aporte de serrapilheira, assim como na área do Campinho da Independência, sendo influenciado medianamente pela elevação da temperatura máxima ocorrida quatro meses antes ( $r = 0,56$ ).

Analisando o efeito temporal, somente quatro meses após a ocorrência do evento climático foi observada influência do clima sobre a quantidade de serrapilheira aportada, mesmo assim, apresentando correlações baixas a medianas. Contudo, ficou evidente as diferenças de resposta em relação às áreas estudadas. Na área do Campinho da Independência o efeito dos fatores climáticos ocorridos dois a três meses antes influenciaram a deposição de serrapilheira, enquanto que na área do Patrimônio foram as condições ocorridas dois meses antes.

Em relação ao aporte de folhas, as maiores correlações foram constatadas para o efeito das temperaturas ( $r_{T_{\max}} = -0,59$ ;  $r_{T_{\text{média}}} = -0,42$ ) ocorridas dois meses antes da queda das folhas, e para a precipitação ( $r = 0,52$ ) observada cinco meses antes da desfolha, independente do local. Apenas na área do Patrimônio foi obtida correlação no mesmo mês entre fatores climáticos ( $r_{T_{\min}} = -0,46$ ;  $r_{\text{Precipitação}} = -0,40$ ) e aporte de folhas.

Considerando que a maior parte da serrapilheira constitui-se de folhas (Tabela 12), os picos de queda de folhagem de janeiro e julho podem ter sido mais influenciados pela redução das temperaturas (máxima e média) nos meses de novembro e maio (respectivamente dois meses antes), do que pela precipitação observada no mesmo mês em que os eventos ocorreram. A temperatura observada dois meses antes apresentou um efeito inverso (quanto maior a temperatura, menor o aporte de folhas) e altamente correlacionado na área do Patrimônio ( $r_{T_{\max}} = -0,82$ ;  $r_{T_{\text{médio}}} = -0,65$ ), e mediano para o Campinho ( $r_{T_{\max}} = -0,44$ ;  $r_{T_{\text{médio}}} = -0,42$ ) e para floresta secundária ( $r_{T_{\max}} = -0,48$ ).

O efeito da precipitação sobre o aporte de folhas também variou conforme o local e o tempo transcorrido. Enquanto no Campinho da Independência foram constatadas correlações medianas inversas entre a quantidade de folhas e a de chuvas ocorridas dois ( $r = -0,48$ ) e três ( $r = -0,44$ ) meses antes, esta foi correlacionada positivamente com as condições de precipitação ocorridas há cinco ( $r = 0,49$ ) meses. Quanto ao aporte de folhas, tanto para a floresta secundária quanto

**Tabela 12:** Coeficiente de correlação entre as variáveis climáticas ocorrentes no mesmo mês e até seis meses antes da amostragem de serrapilheira, abrangendo o período de outubro de 2007 a setembro de 2008, e a quantidade total de serrapilheira aportada ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ. T max – média da temperatura máxima mensal; T min – média da temperatura mínima mensal; T médio – temperatura média mensal; PP – precipitação média mensal.

Variáveis climáticas	Local		
	Campinho	Patrimônio	Floresta
<b>Dados climáticos do mesmo mês</b>			
T max	0,24	0,28	0,01
T min	0,04	-0,30	-0,09
T médio	0,13	-0,09	-0,06
PP	-0,11	-0,37	-0,22
<b>Dados climáticos do mês anterior (out-nov)</b>			
T max	-0,18	0,07	-0,12
T min	-0,52	-0,15	-0,09
T médio	-0,45	-0,08	-0,11
PP	-0,47	-0,19	-0,06
<b>Dados climáticos de dois meses antes (out-dez)</b>			
T max	-0,46	-0,86	-0,41
T min	-0,31	-0,50	0,00
T médio	-0,41	-0,73	-0,17
PP	-0,44	-0,26	0,05
<b>Dados climáticos de três meses antes (out-jan)</b>			
T max	-0,15	-0,04	0,29
T min	-0,52	-0,05	0,04
T médio	-0,43	-0,05	0,15
PP	-0,44	-0,19	-0,04
<b>Dados climáticos de quatro meses antes (out-fev)</b>			
T max	0,10	0,34	0,56
T min	0,03	0,04	0,34
T médio	0,06	0,17	0,48
PP	0,14	0,19	0,45
Variáveis climáticas	Local		
	Campinho	Patrimônio	Floresta
<b>Dados climáticos de cinco meses antes (out-mar)</b>			
T max	-0,11	-0,11	-0,33
T min	0,10	0,43	0,09
T médio	0,02	0,26	-0,08
PP	0,53	0,56	0,30
<b>Dados climáticos de seis meses antes (out-abr)</b>			
T max	-0,16	-0,03	-0,26
T min	0,19	0,13	-0,14
T médio	0,06	0,08	-0,21
PP	0,21	0,34	-0,36

para a área do Patrimônio, houve correlação positiva com a precipitação observada há quatro ( $r_{\text{floresta}} = 0,66$ ) e cinco ( $r_{\text{Patrimônio}} = 0,66$ ) meses antes da desfolha.

De maneira geral, a temperatura foi o fator com maiores valores de correlação para os aportes de serrapilheira e/ou folhas obtidos nas áreas estudadas. Embora alguns autores tenham encontrado efeito da precipitação no aporte de serrapilheira (OLIVEIRA; LACERDA, 1993; DINIZ; PAGANO, 1997; MARTINS; RODRIGUES, 1999; SANTOS; VALIO, 2002), este fator não foi o mais importante na sazonalidade observada nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais. O seu efeito mais marcante na deposição de serrapilheira foi constatado nas áreas do Campinho da Independência ( $r = 0,53$ ) e do Patrimônio ( $r = 0,56$ ), cinco meses após a ocorrência de chuvas.

O fato da precipitação não ter apresentado influência tão forte quanto a temperatura, pode ser atribuído à proximidade das unidades experimentais à cursos d'água, como o Córrego dos Macacos. Embora seja nítido e conhecido o efeito da redução da precipitação para o cultivo agrícola (F.C.M. Piña-Rodrigues, informação pessoal), as conseqüências do déficit hídrico podem ser menos drásticas para espécies florestais com sistemas radiculares mais profundos. Como resultado, pode-se ter uma maior retenção das folhas em um período curto de tempo e a sua liberação em um período mais longo (até cinco meses). Tal comportamento poderia explicar correlações inversas em intervalos menores, ou seja, menor aporte ou retenção das folhas em um período entre um a três meses após o evento climático, seguido de correlações positivas nos intervalos maiores, ou seja, em conseqüência do início da liberação das folhas somente após quatro a cinco meses da ocorrência do evento.

#### **4.4.2. APORTE DE SERRAPILHEIRA E OS SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

As unidades experimentais de sistemas agroflorestais Campinho da Independência e Patrimônio obtiveram menores aportes de serrapilheira quando comparados à área de floresta secundária, considerada como área-testemunha (Figura 9). Esse resultado indica que, em termos de aporte de serrapilheira, as áreas de SAF ainda não apresentaram produtividade similar à uma área de floresta, mesmo em estágio médio de regeneração. Resultado semelhante foi encontrado por Corrêa (2005) que observou maior produção de serrapilheira na vegetação natural

(capoeira) do que nos sistemas agroflorestais multiestratificados estudados. Segundo Delitti (1989), a acumulação de serrapilheira é variável de acordo com o ecossistema estudado e o seu estágio sucessional. Além disso, em áreas de mata ciliar, a acumulação está relacionada com o teor de umidade e com a fertilidade do solo, apresentando resultados diferentes de acumulação mesmo em áreas muito próximas entre si e exibindo as mesmas condições climáticas (PAGANO; DURIGAN, 2000).

Quando comparado o aporte de serrapilheira entre as unidades experimentais de sistemas agroflorestais, a área do Patrimônio apresentou significativamente maior aporte do que a do Campinho da Independência (Figura 9). Essa diferença no aporte de serrapilheira pode estar relacionada à prática de manejo adotado nas unidades experimentais. No Patrimônio as espécies arbóreas utilizadas como renovadoras de fertilidade (*Inga* sp., *L. guillemineanus*, *Bixa orellana* e *C. myrianthum*) receberam podas periódicas, o que promove o avanço sucessional da comunidade e aumenta a oferta de matéria orgânica, possibilitando a dinamização da vida no sistema (PENEIREIRO, 1999), além de aumentar o aporte de serrapilheira (ANDRADE; CABALLERO; FARIA, 1999).

O aporte total de serrapilheira nas unidades experimentais foram inferiores a outros trabalhos realizados em sistemas agroflorestais, em especial os que empregaram metodologia de amostragem pontual. Por outro lado, aproximaram-se mais dos resultados com coletas mensais e trimestrais (Tabela 13). Essa diferença pode estar relacionada à falta de padronização dos dados, assim como na metodologia empregada nas diversas pesquisas e o tempo de coleta dos dados. Muitos trabalhos só realizam a coleta de serrapilheira após a poda das espécies agrícolas e florestais, isso faz com que o volume de material aportado seja alto. Além disso, a composição das espécies utilizadas, suas características ecológicas e a idade são fatores importantes na quantidade de serrapilheira aportada (MACHADO; PIÑA-RODRIGUES; PEREIRA, 2008), assim como as práticas de manejo adotadas (GÖTSCH, 1995; VAZ DA SILVA, 2002; SILVEIRA *et al.*, 2007).

Quando comparados os tratamentos de sistemas agroflorestais em relação ao uso de espécies leguminosas (T1 e T2) e não-leguminosas (T3 e T4) não foi observada diferença significativa no aporte de serrapilheira ( $F = 1,65$ ;  $p > 0,01$ ) (Figura 15). Isso se contrapõe aos trabalhos encontrados em literatura, pois espera-se que o uso de leguminosas arbóreas favoreça uma maior produção de

**Tabela 13:** Aporte total de serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) em sistemas agroflorestais.

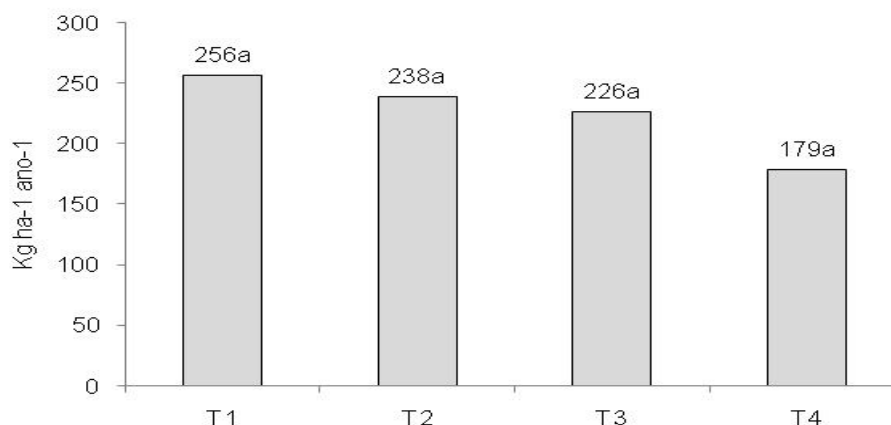
Local	Aporte serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )	Idade (anos)	Metodologia (coleta)	Fonte
Sistema agroflorestal SAFRA mínimo (Paraty, RJ)	32.400	2	única	Silveira <i>et al.</i> (2007)
Sistema agroflorestal SAFRA absoluto (Paraty, RJ)	20.260	2	única	Silveira <i>et al.</i> (2007)
Sistema agroflorestal SAFRA modificado (Paraty, RJ)	16.320	2	única	Silveira <i>et al.</i> (2007)
Sistema agroflorestal (Gandu/Ituberá, BA)	14.377	12	única	Peneireiro (1999)
Sistema agroflorestal (Viçosa, MG)	10.160	-	mensal	Arato, Martins e Ferrari (2003)
Sistema agroflorestal (Viçosa, MG)	6.100	14	mensal	Campanha <i>et al.</i> (2007)
Sistema agroflorestal com espécies não-leguminosas plantio solteiro, Patimônio (Paraty, RJ)	4.056	5	mensal	Presente estudo
Sistema agroflorestal multiestratificado com bandarra (Ouro Preto do Oeste, RO)	4.020	7	trimestral	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal com espécies não-leguminosas plantio casado, Patrimônio (Paraty, RJ)	3.502	5	mensal	Presente estudo
Sistema agroflorestal multiestratificado com gliricídia (Ouro Preto do Oeste, RO)	3.430	7	trimestral	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal com espécies leguminosas plantio solteiro, Patimônio (Paraty, RJ)	3.177	5	mensal	Presente estudo
Sistema agroflorestal com espécies leguminosas plantio solteiro, Campinho (Paraty, RJ)	2.966	5	mensal	Presente estudo
Sistema agroflorestal com espécies leguminosas plantio casado, Patrimônio (Paraty, RJ)	2.963	5	mensal	Presente estudo
Sistema agroflorestal multiestratificado com abacate (Ouro Preto do Oeste, RO)	2.860	7	trimestral	Corrêa (2005)

Local	Aporte serrapilheira (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Idade (anos)	Metodologia (coleta)	Fonte
Sistema agroflorestal com espécies leguminosas plantio casado, Campinho (Paraty, RJ)	2.761	5	mensal	Presente estudo
Sistema agroflorestal multiestratificado com fruta-pão (Ouro Preto do Oeste, RO)	2.540	7	trimestral	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal multiestratificado com cupuaçu (Ouro Preto do Oeste, RO)	1.400	6	trimestral	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal com espécies não-leguminosas plantio solteiro, Campinho (Paraty, RJ)	1.373	5	mensal	Presente estudo
Sistema agroflorestal multiestratificado com cacau (Ouro Preto do Oeste, RO)	1.160	6	trimestral	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal multiestratificado com manga (Ouro Preto do Oeste, RO)	1.120	7	trimestral	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal multiestratificado com teca (Ouro Preto do Oeste, RO)	1.070	7	trimestral	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal com espécies não-leguminosas plantio casado, Campinho (Paraty, RJ)	783	5	mensal	Presente estudo

serrapilheira, devido às suas características de rápido crescimento e maior eficiência de utilização dos nutrientes extraídos do solo, em comparação com as outras espécies (SCHUMACHER *et al.*, 2003). Também não foi observada diferença significativa no aporte de serrapilheira em relação ao plantio “solteiro” (uma muda/cova) e “casado” (duas mudas/cova), embora o número de indivíduos no plantio “casado” seja maior em relação ao plantio “solteiro” (Figura 15).

A necessidade de recuperar áreas ciliares degradadas tem subsídio na legislação. Atualmente tem-se discutido muito o uso de sistemas agroflorestais em formações ciliares, uma vez que os SAFs têm como pressuposto o retorno de algumas funções do ecossistema às condições similares à floresta natural, e possuem menor impacto ambiental quando comparados com os sistemas agrícolas tradicionais.





**Figura 15:** Aporte médio de serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) nos tratamentos das unidades experimentais de sistemas agroflorestais, aos cinco anos de idade, Paraty-RJ. Médias seguidas de mesma letra indicam que não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ). T1 – leguminosas com plantio “solteiro”; T2 – leguminosas com plantio “casado”; T3 – não-leguminosas com plantio “solteiro”; T4 – não-leguminosas com plantio “casado”.

Ao analisar o comportamento do aporte de serrapilheira como indicador ambiental para recuperação de áreas degradadas em mata ciliar, foi possível observar a sua sensibilidade, permitindo distinguir comportamentos distintos entre as áreas estudadas, indicando sua capacidade de refletir alterações do meio e das práticas de manejo adotadas nas unidades experimentais mostrando ser um eficiente indicador para sistemas agroflorestais. Em outros trabalhos realizados, a serrapilheira também foi considerada como um indicador eficiente na restauração de áreas degradadas (MARTINS; RODRIGUES, 1999; ARAÚJO *et al.*, 2006; MACHADO; PIÑA-RODRIGUES; PEREIRA, 2008).

No entanto, os modelos de SAFs adotados ainda não podem ser considerados eficientes na recuperação de áreas de mata ciliar, uma vez que, até aos cinco anos de idade, em relação ao aporte de serrapilheira este não atingiu valores similares aos da floresta secundária. Além disso, o plantio adensado de *B. gasipaes* representou mais de 50% do total de indivíduos presentes nos tratamentos de sistemas agroflorestais, o que pode ter comprometido a quantidade do aporte de serrapilheira nos SAFs.

Da mesma forma, o emprego de espécies que promovem a melhoria da qualidade do solo, como as leguminosas arbóreas e o plantio “casado” e “solteiro”, não refletiram em maior aporte de serrapilheira, o qual não variou entre os tratamentos. Porém, ficou evidenciado que as práticas de manejo adotadas na área do Patrimônio contribuíram para um maior aporte de matéria orgânica ao solo

permitindo sua diferenciação da área do Campinho.

Desse modo, os dados obtidos até o presente mostraram que, mesmo adotando um sistema agroflorestal mais diverso, como o SAFRA, e práticas de manejo que promovam maior deposição de material orgânico, até aos cinco anos, as unidades experimentais ainda não foram eficientes em propiciar um aporte de serrapilheira em condições similares à floresta secundária. Essa situação seria a desejada para que o sistema agroflorestal pudesse cumprir a finalidade de recuperar as funções ecológicas de forma similar ou aproximada das florestas naturais e, ao mesmo tempo, ser economicamente viável ao pequeno produtor.

Embora aparentemente uma das propostas possa ser do aumento da diversidade dos SAFs, este procedimento pode comprometer a sua sustentabilidade e dificultar o seu manejo adequado. Isso porque ainda não se sabe qual o nível de diversidade do SAF pode ser considerado como economicamente viável.

#### **4.4.3. APORTE DE NUTRIENTES VIA SERRAPILHEIRA E FERTILIDADE DO SOLO**

O aporte de nutrientes via serrapilheira foi significativamente diferente entre as áreas estudadas ( $p < 0,01$ ), exceto para K ( $F = 1,78$ ;  $p > 0,01$ ) e Mn ( $F = 0,11$ ;  $p > 0,01$ ). O fato de ter-se obtido valor de  $F < 1$  para o Mn indica que fatores não controlados pela análise podem ter afetado os resultados.

Os maiores valores médios de macro e micronutrientes foram encontrados na floresta secundária seguindo a tendência do aporte de serrapilheira (Tabela 14). Resultado semelhante foi encontrado por Corrêa (2005) que observou aportes maiores de nutrientes na área de vegetação natural em relação aos sistemas agroflorestais, seguindo a tendência de deposição de biomassa. Segundo Gomes (2007), as variações nas concentrações dos nutrientes podem estar relacionadas à idade da vegetação, à estratificação da floresta e à concentração dos elementos, tanto no solo quanto nas partes da planta.

O aporte superior de N na floresta secundária em relação às unidades experimentais não era esperado, uma vez que os tratamentos T1 e T2 das unidades experimentais foram consorciados com espécies leguminosas, as quais têm a capacidade de fixar N atmosférico. Trabalhos realizados por Fernandes *et al.* (2006) e Mochiutti e Queiroz (2006) demonstraram que áreas revegetadas com espécies

leguminosas apresentaram aporte superior de N em relação a área de floresta, sendo importantes para a recuperação de solos degradados.

**Tabela 14:** Conteúdos médios de macro e micronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, Campinho da Independência e Patrimônio, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ. Médias seguidas de mesma letra indicam que não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ).

Local	Serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )	Macronutrientes						Micronutrientes				
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Campinho	1.971	2,805 b	0,177 b	1,178 b	2,467 c	0,404 c	0,304 b	0,006 b	0,002 c	0,042 c	0,059 b	0,009 b
Patrimônio	3.425	4,704 b	0,274 b	1,359 b	4,362 b	0,704 b	0,469 b	0,009 b	0,003 b	0,074 b	0,057 b	0,013 b
Floresta	7.472	16,042 a	0,802 a	4,119 a	11,041 a	2,344 a	2,969 a	0,026 a	0,009 a	0,152 a	0,248 a	0,035 a

Corrêa (2005), estudando a ciclagem de nutrientes em diferentes coberturas frutíferas e florestais de um sistema agroflorestal multiestratificado, não encontrou diferença de N entre os componentes dos SAFs, mas observou uma leve superioridade na concentração desse nutriente na serrapilheira da vegetação natural. Neste mesmo estudo, o autor observou diferença entre a concentração de nutrientes das folhas das árvores e da serrapilheira depositada, concluindo que as espécies reabsorvem o nutriente das folhas como alternativa estratégica para a conservação do nutriente pelas plantas.

Em relação às unidades experimentais de sistemas agroflorestais, o Campinho da Independência apresentou menores valores nas médias dos nutrientes Ca, Mg, Cu e Fe, sendo esses significativamente diferentes aos valores obtidos na área do Patrimônio (Tabela 14). Esta diferença no aporte de nutrientes pode estar relacionada à prática de manejo adotado na área do Patrimônio. Peneireiro (1999), ao comparar o aporte de nutrientes na serrapilheira de um SAF orientado pela sucessão natural e de uma área de capoeira de mesma idade, concluiu que o manejo da poda da vegetação foi o maior responsável pelas diferenças entre as duas áreas estudadas, conduzindo a área manejada a uma condição sucessional mais avançada, com maior oferta de matéria orgânica e concentração de nutrientes.

O aporte de nutrientes nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais estudados também foram inferiores a outros trabalhos realizados em SAFs (Tabela 15), assim como o aporte de serrapilheira (Tabela 13).

**Tabela 15:** Aporte médio de macronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) via serrapilheira em sistemas agroflorestais.

Local	Idade	N	P	K	Ca	Mg	S	Fonte
Sistema agroflorestal SAFRA absoluto (Paraty, RJ)	2	462,88	30,4	76,64	222,05	56,93	32,95	Silveira <i>et al.</i> (2007)
Sistema agroflorestal SAFRA modificado (Paraty, RJ)	2	285,55	22,1	46,48	153,09	27,86	27,61	Silveira <i>et al.</i> (2007)
Sistema agroflorestal SAFRA mínimo (Paraty, RJ)	2	238,27	20,25	46,58	125,29	21,04	20,55	Silveira <i>et al.</i> (2007)
Sistema agroflorestal (Viçosa, MG)	-	107,7	5,5	296,9	95,5	17	8,5	Campanha <i>et al.</i> (2007)
Sistema agroflorestal multiestratificado com bandarra (Ouro Preto do Oeste, RO)	7	66,59	4,70	33,02	50,96	7,18	4,34	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal multiestratificado com gliricídia (Ouro Preto do Oeste, RO)	7	63,56	3,75	23,85	60,26	12,98	4,75	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal multiestratificado com frutapão (Ouro Preto do Oeste, RO)	7	40,78	4,27	24,69	57,33	10,63	4,29	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal multiestratificado com abacate (Ouro Preto do Oeste, RO)	7	34,96	3,10	24,31	58,34	11,58	2,34	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal multiestratificado com cupuaçu (Ouro Preto do Oeste, RO)	7	18,33	0,74	7,08	20,54	2,90	1,45	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal multiestratificado com cacau (Ouro Preto do Oeste, RO)	7	16,88	4,80	9,43	27,16	8,97	5,04	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal multiestratificado com manga (Ouro Preto do Oeste, RO)	7	16,49	0,61	6,14	26,44	1,77	0,90	Corrêa (2005)
Sistema agroflorestal multiestratificado com teca (Ouro Preto do Oeste, RO)	7	13,13	1,30	8,11	17,87	1,68	0,77	Corrêa (2005)
SAF espécies não-leguminosas plantio solteiro, Patrimônio (Paraty, RJ)	5	5,18	0,34	1,58	4,85	0,85	0,45	Presente estudo

Local	Idade	N	P	K	Ca	Mg	S	Fonte
SAF espécies leguminosas plantio casado, Patrimônio (Paraty, RJ)	5	4,93	0,22	1,06	3,62	0,53	0,42	Presente estudo
SAF espécies leguminosas plantio solteiro, Patrimônio (Paraty, RJ)	5	4,91	0,27	1,72	4,07	0,61	0,50	Presente estudo
SAF espécies leguminosas plantio solteiro, Campinho (Paraty, RJ)	5	4,54	0,31	2,72	3,78	0,67	0,47	Presente estudo
SAF com espécies leguminosas plantio casado, Campinho (Paraty, RJ)	5	3,96	0,17	1,01	3,33	0,48	0,28	Presente estudo
SAF com espécies não-leguminosas plantio casado, Patrimônio (Paraty, RJ)	5	3,80	0,27	1,08	4,91	0,83	0,50	Presente estudo
SAF espécies não-leguminosas plantio solteiro, Campinho (Paraty, RJ)	5	1,69	0,13	0,69	1,63	0,29	0,31	Presente estudo
SAF espécies não-leguminosas plantio casado, Campinho (Paraty, RJ)	5	1,03	0,09	0,29	1,13	0,18	0,16	Presente estudo

Quando comparados os tratamentos de sistemas agroflorestais em relação ao uso de espécies leguminosas (T1 e T2) e não-leguminosas (T3 e T4) não foi observada diferença no aporte de nutrientes, principalmente em relação ao N (Tabela 16).

**Tabela 16:** Conteúdos médios de macro e micronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) nos tratamentos das unidades experimentais de sistemas agroflorestais, aos cinco anos de idade, Paraty-RJ. Médias seguidas de mesma letra indicam que não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ). T1 – leguminosas com plantio “solteiro”; T2 – leguminosas com plantio “casado”; T3 – não-leguminosas com plantio “solteiro”; T4 – não-leguminosas com plantio “casado”.

Elemento	T1	T2	T3	T4
N	4,720a	4,450a	3,430a	2,420a
P	0,290a	0,190a	0,240a	0,180a
K	2,220a	1,030a	1,130a	0,690a
Ca	3,930a	3,470a	3,240a	3,020a
Mg	0,640a	0,500a	0,570a	0,500a
S	0,480a	0,350a	0,380a	0,330a
B	0,009a	0,008a	0,006a	0,006a
Cu	0,003a	0,003a	0,002a	0,002a

Elemento	T1	T2	T3	T4
Fe	0,064a	0,062a	0,056a	0,050a
Mn	0,085a	0,062ab	0,048ab	0,037b
Zn	0,011a	0,013a	0,012a	0,008a

Quanto aos teores de nutrientes sazonais analisados nas áreas de estudo, a maioria dos nutrientes apresentou maior aporte no inverno (Tabela 17). Segundo Haag (1985) na estação seca ocorre aumento no aporte de nutrientes seguido pelo aumento da queda das folhas.

Em relação à fertilidade do solo nas unidades experimentais de sistemas agroflorestais, os dados obtidos pelo projeto PRODETAB-Paraty (PINÃ-RODRIGUES *et al.*, 2006) nos três primeiros anos de implantação (2002, 2005 e 2006) (Tabela 18) demonstram que na área do Campinho da Independência entre os anos de 2002 e 2005, houve um aumento nos valores de pH e Ca e diminuição da concentração de Al e K. Os níveis de P e Mg permaneceram constantes. Na área do Patrimônio (Tabela 19), houve aumento do pH no ano de 2005 e as concentrações de Al, Ca e Mg mantiveram-se semelhantes.

**Tabela 18:** Resultados das análises de fertilidade do solo realizadas nos tratamentos de sistemas agroflorestais do Campinho da Independência, nos anos de 2002, 2005 e 2006, Paraty-RJ (Fonte: Pinã-Rodrigues *et al.*, 2006). T1 – leguminosas com plantio “solteiro”; T2 – leguminosas com plantio “casado”; T3 – não-leguminosas com plantio “solteiro”; T4 – não-leguminosas com plantio “casado”.

Tratamentos	Textura	pH (em água)	cmolc/dm <sup>3</sup>			mg/dm <sup>3</sup>		%	
			Al	Ca	Mg	P	K	C	M.O.
<b>Ano de 2002 (antes da implantação)</b>									
T1	arenosa	5,1	0,6	2,3	1,0	13	130	-	-
T2	arenosa	4,5	0,9	1,6	1,0	5	84	-	-
T3	arenosa	4,5	1,0	0,8	0,7	3	52	-	-
T4	arenosa	4,6	0,7	1,5	0,9	6	69	-	-
<b>Ano de 2005 (aos 2 anos de idade)</b>									
T1	arenosa	5,3	0,3	2,8	1,0	5	47	-	-
T2	arenosa	5,1	0,6	2,1	1,0	4	41	-	-
T3	arenosa	5,2	0,4	1,9	0,5	9	43	-	-
T4	arenosa	5,2	0,3	2,0	1,1	5	33	-	-
<b>Ano de 2006 (aos 3 anos de idade)</b>									
T1	arenosa	4,8	0,7	1,4	1,0	3,0	15,6	0,97	1,68
T2	arenosa	-	-	-	-	-	-	-	-
T3	arenosa	-	-	-	-	-	-	-	-
T4	arenosa	4,6	0,7	0,9	0,9	2,8	17,0	1,05	1,81

**Tabela 17:** Sazonalidade do aporte de macro e micronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) nos tratamentos das unidades experimentais de sistemas agroflorestais, aos cinco anos de idade, e na área de floresta secundária, Paraty-RJ.

Área	Serrapilheira ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )	Macronutrientes						Micronutrientes				
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<b>Primavera</b>												
Campinho da Independência	489	3,144	0,160	0,539	2,330	0,364	0,296	0,007	0,003	0,048	0,036	0,008
Patrimônio	642	3,210	0,191	1,337	3,097	0,493	0,350	0,008	0,002	0,053	0,045	0,012
Floresta secundária	1.880	15,803	0,695	3,603	9,419	2,086	3,161	0,020	0,007	0,154	0,235	0,031
<b>Verão</b>												
Campinho da Independência	492	2,280	0,151	0,547	2,475	0,403	0,294	0,005	0,002	0,036	0,072	0,008
Patrimônio	848	5,551	0,263	1,742	3,753	0,648	0,419	0,008	0,004	0,062	0,045	0,011
Floresta secundária	1.765	14,118	0,824	3,118	9,706	2,235	2,353	0,024	0,008	0,129	0,216	0,027
<b>Outono</b>												
Campinho da Independência	320	2,003	0,140	1,365	1,710	0,310	0,227	0,004	0,001	0,026	0,040	0,007
Patrimônio	806	3,208	0,255	0,971	4,426	0,745	0,349	0,008	0,003	0,077	0,045	0,015
Floresta secundária	1.851	16,040	0,679	3,887	12,092	2,221	2,653	0,029	0,009	0,128	0,275	0,036
<b>Inverno</b>												
Campinho da Independência	670	3,794	0,255	2,260	3,355	0,538	0,400	0,008	0,002	0,059	0,088	0,011
Patrimônio	1.129	6,845	0,387	1,387	6,173	0,930	0,759	0,012	0,003	0,104	0,091	0,015
Floresta secundária	1.976	18,206	1,011	5,867	12,947	2,832	3,709	0,033	0,012	0,198	0,265	0,045

**Tabela 19:** Resultados das análises de fertilidade do solo realizadas nos tratamentos de sistemas agroflorestais do Patrimônio, nos anos de 2002, 2005 e 2006, Paraty-RJ (Fonte: Pinã-Rodrigues *et al.*, 2006). T1 – leguminosas com plantio “solteiro”; T2 – leguminosas com plantio “casado”; T3 – não-leguminosas com plantio “solteiro”; T4 – não-leguminosas com plantio “casado”.

Tratamentos	Textura	pH (em água)	cmolc/dm <sup>3</sup>			mg/dm <sup>3</sup>		%	
			Al	Ca	Mg	P	K	C	M.O.
<b>Ano de 2002 (antes da implantação)</b>									
T1	arenosa	4,7	0,6	1,7	1,2	7	52	-	-
T2	arenosa	4,8	0,6	1,6	0,9	8	71	-	-
T3	arenosa	4,9	0,5	2,1	1,4	9	46	-	-
T4	arenosa	4,9	0,6	2,3	1,1	8	32	-	-
<b>Ano de 2005 (aos 2 anos de idade)</b>									
T1	arenosa	5,3	0,3	2,3	0,8	7	23	-	-
T2	arenosa	5,3	1,3	1,9	0,9	10	35	-	-
T3	arenosa	5,4	0,3	2,0	1,0	11	43	-	-
T4	arenosa	5,2	0,4	2,4	1,0	8	43	-	-
<b>Ano de 2006 (aos 3 anos de idade)</b>									
T1	arenosa	5,0	0,7	1,0	0,9	5,3	10,2	1,09	1,88
T2	arenosa	4,8	0,6	1,2	1,0	9,1	13,6	1,27	2,19
T3	arenosa	4,9	0,5	1,1	1,2	8,2	9,6	1,07	1,84
T4	arenosa	4,8	0,6	1,2	1,2	6,8	8,4	1,42	2,45

Aparentemente, os resultados obtidos pelo projeto PRODETAB-Paraty demonstram que não houve diferença na fertilidade do solo entre os tratamentos com espécies leguminosas (T1 e T2) e não-leguminosas (T3 e T4) para cada ano e local.

Dados de fertilidade do solo coletados na floresta secundária contígua à unidade experimental Campinho da Independência mostram um teor de matéria orgânica na ordem de 6% (SILVA, 2006), enquanto que nos SAFs o teor obtido pelo projeto PRODETAB-Paraty foi de apenas 2%, representando diminuição de três vezes do teor de matéria orgânica nos sistemas agroflorestais.

Embora não se tenha realizado análise de fertilidade do solo, a comparação do teor de matéria orgânica com dados de outros trabalhos realizados no mesmo local do presente estudo, pode provavelmente explicar a grande diferença no aporte de serrapilheira entre a floresta secundária (7.472 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e as unidades experimentais de sistemas agroflorestais,



Campinho da Independência ( $1.971 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) e Patrimônio ( $3.425 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ).

Os dados obtidos demonstram que as unidades experimentais de sistemas agroflorestais, até os cinco anos de idade, não foram capazes de proporcionar aporte de nutrientes similar à floresta secundária. Da mesma forma, o consórcio com espécies leguminosas arbóreas não refletiu o aumento no teor de N aportado. No entanto, as práticas de manejo utilizadas na área do Patrimônio contribuíram para o maior aporte de nutrientes, evidenciando a importância do manejo em sistemas agroflorestais. Desse modo, o uso de sistemas agroflorestais em áreas de formações ciliares deve ser proposto com cautela.

## **5. CONCLUSÕES**

### **5.1. CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS, MORTALIDADE E TAXA DE HERBIVORIA**

- A produtividade florestal (incremento em altura e diâmetro) mostrou-se ser aplicável como um indicador ambiental.
- Os SAFs combinados com leguminosas foram os que apresentaram maior desenvolvimento das espécies arbóreas e menores taxas de predação.
- O modelo SAFRA empregado com o plantio “casado”, independente do uso de espécies leguminosas ou não-leguminosas, apresenta potencial silvicultural para ser indicado como um sistema agroflorestal produtivo em áreas de recuperação ambiental.

### **5.2. APORTE DE SERRAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES**

- O aporte de serrapilheira e nutrientes mostraram ser eficientes indicadores ambientais para sistemas agroflorestais, sendo sensível

para detectar alterações ao longo do tempo e nas práticas de manejo adotadas nas áreas estudadas.

- Independente da presença de espécies leguminosas e do plantio “solteiro” e “casado” o aporte de serrapilheira e nutrientes foram mais afetados pelas práticas de manejo do que pelos modelos de SAFRA utilizados.
- Até aos cinco anos de idade, nenhuma das unidades experimentais de SAFRA adotadas podem ser consideradas como sendo eficiente na recuperação de áreas ciliares no que se refere às suas funções de promover aporte de serrapilheira e nutrientes em condições similares à floresta secundária.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como as unidades experimentais de sistemas agroflorestais foram uma estratégia piloto para resgatar a sabedoria popular local e promover a conservação da Floresta Ombrófila Densa e o desenvolvimento sustentável da região, algumas mudanças podem ser feitas, já que até o presente momento, o modelo adotado ainda não foi eficiente para propiciar aporte de serrapilheira e nutrientes em condições similares à floresta secundária.

Algumas propostas para que as unidades experimentais de sistemas agroflorestais cumpram a finalidade de recuperar as funções ecológicas de forma similar ou aproximada das florestas naturais e ao mesmo tempo sejam economicamente viáveis seriam:

- diminuir o adensamento das pupunhas (*B. gasipaes*) para o espaçamento de 3 x 1 m (TONET; FERREIRA; OTOBONI, 1999);
- permitir que as espécies da regeneração se desenvolvam, utilizando a capina seletiva, ou seja, prática de manejo onde apenas as gramíneas, as herbáceas e as trepadeiras são arrancadas ou cortadas quando maduras, poupando aquelas que ocupam uma posição mais avançada na sucessão.
- empregar a poda seletiva nas espécies utilizadas como renovadoras de

fertilidade, para que essas espécies cumpram as suas funções de melhorar a qualidade do solo com a biomassa depositada.

Para trabalhos posteriores é sugerida a realização da avaliação da fertilidade do solo, a qual é de extrema importância para determinar se os SAFs estudados podem ser utilizados para a recuperação de áreas degradadas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOT, J.; GUIJT, I. **Changing views on change**: participatory approaches to monitoring the environment. London: International Institute for Environment and Development (IIED), 1998. 96 p.

AIDAR, M. P.; JOLY, C. A. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. Ex Bent. – Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. **Rev. Bras. Bot.**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 193-202, 2003.

ALMEIDA, R. T.; VASCONCELOS, I.; FREIRE, V. F. Plantas hospedeiras da alga *Cephaleuros virescens* Kuntze no estado do Ceará, Brasil. **Ciência Agrônômica**, v. 16, n. 2, p. 53-55, dez. 1985.

ALMEIDA, J. T. S. **Deposição de serrapilheira em áreas de diferentes estádios de regeneração em um trecho de floresta ombrófila densa montana em Miguel Pereira-RJ. 2006.** 32f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the science of sustainable agriculture. Boulder: Westview Press, 1995. p. 433.

ALVAREZ-BUYLLA, E. M.; MARTINEZ-RAMOS, M. Demography and allometry of *Cecropia obtusifolia*, a neotropical pioneer tree- an evaluation of the climax-pioneer paradigm for tropical forest. **Journal of Ecology**, v. 80, p. 275-290, 1992.

ALVES, A. R. *et al.* Aporte e decomposição de serrapilheira em área de caatinga, na Paraíba. **Rev. Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 6, n. 2, p. 194-203, 2006.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2 ed. Wallingford: CAB International, 1993. 171p.

ANDRADE, A. G. **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas**. 1997. 182f. Tese (Doutorado em Ciências dos Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1997.

ANDRADE, A. G.; CABALLERO, S. S. U.; FARIA, S. M. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 22p. (Série de documentos,13).

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

ARAÚJO, R. **Chuva de sementes e deposição de serrapilheira em três sistemas de revegetação de áreas degradadas na reserva biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ**. 2002. 130f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.

ARAÚJO, R. S. *et al.* Deposição de serrapilheira em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 12, n. 2, p. 15-21, nov./dez. 2006.

BAKER, D. S.; FERREIRA, L. M.; SAILE, P. W. Biodiversity monitoring in federal protected areas: defining the methodology. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON BIODIVERSITY MONITORING IN FEDERAL PROTECTED AREAS: DEFINING THE METHODOLOGY, 1., 1997, Perenópolis. **Proceedings...** Brasília: IBAMA/GTZ, 1997. 246p.

BAKER, T. R.; SWAINE, M. D.; BURSLEM, D. F. R. P. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 6, n. 1-2, p. 21-36, 2003.

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

BERTALOT, M. J. A *et al.* Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serrapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu-SP-Brasil. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 219-277, jun., 2004.

BORGES, R. **Estudos etnobotânicos na comunidade caiçara Martim de Sá, APA de Cairuçu, Paraty, RJ.** 2007. 51f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2007.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. **Levantamento de recursos naturais:** geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: [s.n.], 1983. v.32. 775 p.

BRASIL. Código Florestal. **Lei n. 4.771, de 15 de Setembro de 1965.** Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm)>. Acesso em: 05 mar. 2007.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 10, de 1º de outubro de 1993.** Estabelece os parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão de Mata Atlântica. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res93/res1093.html>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

CAMINO, R.; MÜLLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales:** bases para establecer indicadores. San José: IICA, 1993. 134p.

CAMPANHA, M. M. *et al.* Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Mata MG. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.

CARVALHO, J. O. P. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL, 1., 1997, Curitiba. **Tópicos em manejo florestal sustentável.** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 43-55.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa, 2003. 1039p.

CÉSAR, O. Produção de serrapilheira na Mata Mesófila Semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, Município de Anhembi, SP. **Rev. Bras. Biol.**, São Carlos, v. 53, p. 671-681, 1993.

CLARK, D. B.; CLARK, D. A. Seedling dynamics of a tropical tree: impacts of herbivory and meristem damage. **Ecology**, New York, v. 66, p. 1884-1892, 1985.



COLE, D. W. Nutrient cycling in word. In: WORLD CONGRESS, 17., 1981, Japan. **Proceedings...** Japan: Forest Environment and Silviculture, 1981. p. 139-160.

CORRÊA, F. L. O. **Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil.** 2005. 110f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005

CORRÊA, F. L. O. *et al.* Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no estado de Rondônia, Brasil. **Ciênc. agrotéc.**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1099-1105, nov./dez. 2006.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 197-225.

COUTO, L. O estado da arte de sistemas agroflorestais no Brasil. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p.94-98.

CUNHA, U. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO-FILHO, A. Uso de análise exploratória de dados e de regressão robusta na avaliação de crescimento de espécies comerciais de terra-firme da amazônia. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 391-402, 2002.

DANIEL, O.; COUTO, L.; VITORINO, A. C. T. Sistemas agroflorestais como alternativas sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1., 1999, Goiânia. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1999. p. 151-170.

DANIEL, O. **Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais.** 2000. 150f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

DANIEL, O. *et al.* Proposta de um conjunto mínimo de indicadores biofísicos para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas agroflorestais. **CERNE**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 41-53, 2001.

DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Fundação Cargil; Secretaria do Meio Ambiente; Instituto de Botânica, 1989. p.88-98.

DEPONTI, C. M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. L. B. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez. 2002.

DIAS, H. G. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Variação temporal e espacial da produção de serrapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Lavras - MG. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 11-26, 1997.

DIAS, H. C. T. *et al.* Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. **CERNE**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 1-16, 2002.

DINIZ, S.; PAGANO, S. N. Dinâmica de folheto em floresta mesófila semidecídua no município de Araras, SP. I – Produção, decomposição e acúmulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 27-36, 1997.

DIRZO, R.; DOMINGUEZ, C. **Plant-herbivore interactions in Mesoamerican tropical dry forests**. In: BULLOCK, S. H.; MOONEY, A.; MEDINA, E. (Ed.). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 304-325.

DOMINGOS, M. *et al.* Produção de serrapilheira e retorno de nutrientes em um trecho de Mata Atlântica secundária, na Reserva Biológica de Paranapiacaba, SP. **Rev. Bras. Bot.**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 91-96, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Mapa de solos do Brasil** (1:5000000) Serviço nacional de levantamento e conservação de solo, 1981.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

FELFILI, J.M. Diversity, structure, and dynamics of a gallery forest in central Brazil. **Vegetatio**, Holanda, v. 117, n. 1, p. 1-15, 1995.

FERNANDES, C. R. **Floresta Atlântica: reserva da biosfera**. Curitiba: C.R. Fernandes, 2003.

FERNANDES, M. M. *et al.* Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 163-175, 2006.

FIGUEIREDO FILHO, A. *et al.* Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila mista localizada no Sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS (FAO). **Informe sobre el progreso alcanzado en la aplicación do proceso de Montreal sobre los criterios e indicadores para la conservación y el**

**manejo sustentable de las florestas templados y boreales.** Rome, 2000, p.22-54.

FRANCO, F. S. **Sistemas agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na zona da mata de Minas Gerais.** 2000. 147f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

FRANCO, F. S. *et al.* Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 751-760, 2002.

FREIRE, M. **Chuva de sementes, banco de sementes do solo e deposição de serrapilheira como bioindicadores ambientais.** 2006. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

GAMA, M. M. B. **Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais em Machadinho D'oeste, Rondônia.** 2003. 112f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

GAMA-RODRIGUES, A. C. **Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos de tabuleiros da Bahia, Brasil.** 1997. 107f. Tese (Doutorado em Ciências dos Solos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

GOLLEY, F. B. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida.** São Paulo: EPU, 1975. 256p.

GOLLEY, F. B. *et al.* **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida.** São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1978. 256p.

GOMES, J. M. **Aporte de serrapilheira e nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, Rio de Janeiro.** 2007. 43f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

GONDIM, F. R. **Aporte de serrapilheira e chuva de sementes como bioindicadores de recuperação ambiental em fragmentos de Floresta Atlântica.** 2005. 85f. Dissertação (Magister Scientiae em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

GONZALEZ, M. I. M.; GALLARDO, J. F. El efecto hojarasca: una revision. **Anales de Edafología y Agrobiología**, Madrid, v. 41, p. 1129-1157, 1982.

GÖTSCH, E. **Break-thropugh in agricultura.** Rio de Janeiro: ASPTA, 1995. 22p.

GRADISKI, L. N. **Parâmetros florísticos e fitossociológicos da regeneração natural em áreas de empréstimo na Ilha da Madeira-RJ, sob diferentes medidas biológicas.** 2002. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.

GUATURA, I. N. *et al.* **A questão fundiária:** roteiro para a solução dos problemas fundiários nas áreas protegidas da Mata Atlântica. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 1996. (Série Cadernos da Reserva da Biosfera, 1).

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

HART, M. **Criteria and ranking scheme for indicators of sustainability.** North Andover: QLF/Atlantic Center for the Environment, 1995.

HERRERA, R. *et al.* Amazon ecosystems: their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. **Interciência**, Caracas, v. 3, n. 4, p. 223-231, 1978.

HUNTER JÚNIOR, M. L. **Wildlife forests, and forestry:** principles of managing forests for biological diversity. New Jersey: Prentice-Hall, 1990. 370 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro, 1992. 92p. (Manuais Técnicos em Geociências, 1).

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in Tropical Forest Ecosystems.** New York: John Wiley, 1985. 179 p.

KLINGE, H. Preliminary data on nutrient release from decomposing leaf litter in a neotropical rain forest. **Amazoniana**, Manaus, v. 6, n. 2, p. 193-202, 1975.

KOEHLER, W. C. **Variação estacional de deposição de e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa – PR.** 1989. 138f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

KÖNIG, F. G. *et al.* Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria-RS. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 429-435, 2002.

KÖPPEN, W. **Climatologia:** con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479p.

LEITÃO-FILHO, H. F. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão.** Campinas: Unesp; Unicamp, 1993. 92p.

LOPES, M. I. S.; DOMINGOS, M.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y. Ciclagem de nutrientes minerais. In: SYSLVESTRE, L. S.; ROSA, M. M. T. **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica**. Seropédica: EDUR – UFRRJ, 2002, p.72-102.

MACEDO, R. L. G. Sistemas agroflorestais com leguminosas arbóreas para recuperar áreas degradadas por atividades agropecuárias. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1992. Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA. 1992. p. 288- 297.

MACHADO, M. R. **Avaliação da produção de serrapilheira em área de sistema de plantio adensado de revegetação**. 2006. 40f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2 ed. Guarapuava: Unicentro, 2006. 316 p.

MACHADO, M. R.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, M. G. Produção de serrapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 143-151, 2008.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil; CPT, 2001. 146 p.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serrapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Rev. Bras. Bot.**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 405-412, 1999.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. 1999. 212 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

MASCARENHAS, G. Cenários contemporâneos da urbanização turística. **Caderno Virtual de Turismo**, v. 4, n. 4, p. 1-11, 2004.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS**. México: Mundi Prensa, 2000. 109 p.

MATTOS, C. *et al.* Aspectos da utilização de sistemas agroflorestais como promotores de desenvolvimento local das comunidades rurais no município de Paraty /RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/CEPEC/UESC, 2002. 1 CD-ROM.

McCUNE, B.; GRACE, J. B. **Analysis of ecological communities**. Oregon: MjM Software Design; Glenden Beach, 2002. 300 p.

- MEDEIROS, R., ALMEIDA, S. S. Queda de liteira e a exclusão de água numa floresta densa de terra firme da Estação Científica Ferreira Penna - ECFPn, Caxiuanã, Município de Melgaço – PA. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 54., 2003, Belém. **Anais...** . Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2003. v. 1. p. 19-20.
- MEDRADO, M. J. S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p. 269-312.
- MEENTMEYER, V.; BOX, E. O.; THOMPSON, R. World patterns and amounts of terrestrial plant litter production. **BioScience**, Uberlandia, v. 32, n. 2, p. 125-128, 1982.
- MELLO, D. **Paraty estudante.** Guaratinguetá: Frei Galvão e Editora, 2006. 75p.
- MENDES, B. R. *et al.* Desenvolvimento de modelos de crescimento de árvores individuais fundamentado em equações diferenciais. **CERNE**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 254-263, jul./set. 2006.
- MERICO, L. F. K. **Introdução à economia ecologia.** Blumenau: FURB, 1996.
- MORAES, L. F. D. *et al.* Plantio de espécies arbóreas nativas para a restauração ecológica na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 3, p. 477-489, 2006.
- MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J. A. L. Aporte de nutrientes ao solo via serrapilheira em pousios florestais com taxi-branco e capoeira no Amapá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 6., 2006, Campos dos Goytacazes. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais, 2006. p. 1-4.
- MORAES, L. F. D. **Indicadores da restauração de áreas degradadas na reserva biológica de Poço das Antas, RJ.** 2005. 111f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.
- MORAES, R. M. *et al.* Ciclagem mineral em Mata Atlântica de encosta e mata sobre restinga, Ilha do Cardoso, SP: nutrientes na serapilheira acumulada. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 4., 1998, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: ACIESP, 1998. p. 71-77.
- MOREIRA, P. R.; SILVA, O. A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Rev. Árvore**, Viçosa, v.28, n.1, p.49-59, 2004.

MORENO, M. R.; NASCIMENTO, M. T.; KURTZ, B. C. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na Mata Atlântica de encosta da região do Imbé, RJ. **Acta bot. bras.**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 371-386, 2003.

MOSCOVICH, F. A. **Dinâmica de crescimento de uma floresta ombrófila mista em Nova Prata, RS.** 2002. 135f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry.** Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. 449p.

NOBREGA, P. O. *et al.* Aporte de biomassa e nutrientes em sistema agroflorestal implantado em um planossolo degradado no Estado do Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRADE, 2002. p. 518-520.

OCHIAI, H.; NAKAMURA, S. A função da camada de serapilheira no controle de erosão do solo. In: BÔAS, O. V.; DURIGAN, G. **Pesquisa em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão/Instituto Florestal.** Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo: Páginas & Letras, 2004. p. 169-177.

OKI, Y. *et al.* A idade foliar influencia a herbivoria em *Vismia japurensis* (Clusiaceae)? In: Zuanon, J.; Venticinque, E. (Orgs). **Curso de Campo de Ecologia da Floresta Amazônia,** 2002. p. 81-83.

OLIVEIRA, R. R.; LACERDA, L. D. Produção e composição química da serapilheira na Floresta da Tijuca (RJ). **Rev. Bras. Bot.**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 93-99, 1993.

OLIVEIRA NETO, S. N. *et al.* Comportamento de paricá (*Schizolobium amazonicum* Ducke) em sistema agroflorestal com pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) na Região Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbsaf.org.br/anais/2002/trabalhos/1025.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2008.

OSTERROHT, M. von. Implantação de agroflorestas. **Agroecologia Hoje,** Botucatu, n. 15, jul./ago., 2002.

PAGANO, S. N.; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do estado de São Paulo, Brasil. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (Org.). **Matas ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo: EDUSP; FAPESP, 2000. p. 109-123.

PALM, C. A. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 30, p. 105-124, 1995.

PARATI (Município). **História da cidade**. Disponível em: <<http://www.pmparaty.rj.gov.br>>. Acesso em: 28 mar. 2007.

PAROLIN, P. Life history and environment of *Cecropia latiloba* in Amazonian floodplains. **Rev. de Biología Tropical**, San José, v. 50, n. 2, p. 531-545, jun., 2002.

PASSOS, C. A. M.; COUTO, L. Sistemas agroflorestais potenciais para o Estado do Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS FLORESTAIS PARA O MATO GROSSO DO SUL, 1997, Dourados. **Resumos...** Dourados: EMBRAPA CPAO, 1997. p. 16-22.

PAULA, R. C.; PAULA, N. F. Sistemas agroflorestais. In: VALERI, S. V. (Ed.). **Manejo e recuperação florestal: legislação, uso da água e sistemas agroflorestais**. Jaboticabal: Funep, 2003. p. 108-129.

PENEIREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. 1999. 138f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. *et al.* Comportamento de paricá (*Schizolobium amazonicum*) e virola (*Virola surinamensis*) em plantios puros e mistos na Amazônia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 6., 2000, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: Biosfera, 2000. p. 73-74.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. *et al.* **Desenvolvimento de sistemas alternativos para a recuperação de áreas degradadas e geração de renda em comunidades tradicionais do entorno de unidades de conservação da Mata Atlântica**. Seropédica: Relatório PRODETAB-Paraty, 2006. 263p.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; REIS, L. L. Alometria de espécies arbóreas sob diferentes sistemas de recuperação de áreas degradadas. **Rev. Floresta e Ambiente**, Seropédica, 2006. (no prelo).

PINTO, S. I. C. *et al.* Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na reserva mata do paraíso, em Viçosa, MG. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 545-556, 2008.

POGGIANI, F.; STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. **IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 31, p. 33-44, abr. 1998.



POGGIANI, R. *et al.* Quantificação da deposição de folhedo em talhões experimentais de *Pinus taeda*, *Eucalyptus viminalis* e *Mimosa scabrella* plantados em uma área degradada pela mineração do xisto betuminoso. **IPEF**, Piracicaba, v. 37, p. 21-29, 1987.

POORTER, L.; BONGERS, F. **Ecology of tropical forests**. Holanda: Wageningen Agricultural University, 1993. 223 p.

PORTES, M. C. G. O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhangava-PR. **Floresta**, Curitiba, v. 26, n. 1/2, p.3-10, 1996.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: E. Rodrigues, 2001. 328p.

PRICHETT, W. L. **Properties and management of forest soils**. New York: John Wiley, 1987. 500 p.

PROBIO – Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira. **Levantamento da cobertura vegetal native do bioma Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Relatório final, 2007. 84p.

PROCTOR, J. Tropical forest litterfall: problems of data comparison. In: SUTTON, S. L. *et al.* (Ed.) **Tropical rain forest: ecology and management**. London: British Ecological Society, 1983. p. 267-273.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV; SOBRADE, 1998. p. 203-215.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceito, tendência e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 233-247.

RUFINO, R. C. **Avaliação da qualidade ambiental do município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais**. 2002. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SANTOS, M. J. C. **Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental**. 2000. 75f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SANTOS, S. L.; VÁLIO, I. F. M. Litter accumulation and its effect on seedling recruitment in Southeast Brazilian Tropical Forest. **Rev. Bras. Bot.**, São Paulo, v.25, n.1, p.89-92, 2002.

SANTOS, J. D. *et al.* Uso de SAFs na restauração de paisagens fragmentadas, em assentamentos no Pontal do Paranapaema (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOSSISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus **Resumos expandidos...** Manaus: Embrapa-Amazônia Ocidental, 2000. p. 400-402.

SANTOS, M. B. *et al.* Pequena propriedade rural, os sistemas agroflorestais e o mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*) In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/CEPEC/UESC, 2002. 1 CD-ROM.

SÃO PAULO (estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Resolução n.58, de 29 de dezembro de 2006.** Fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/estadual/resolucoes/2006\\_Res\\_SM\\_A\\_58.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/estadual/resolucoes/2006_Res_SM_A_58.pdf)>. Acesso em: 05 mar. 2007.

SCHROTH, G. *et al.* **Plant soil interaction in multistate in the humid in tropics.** Agroforestry System, Dordrecht, v. 53, n. 2, p. 85-102, 2001.

SCHULTZ, B.; BECKER, B; GÖTSCH, E. Indigenous knowledge in a “modern” sustainable agroforestry system: a case study from eastern Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht , v. 25, n. 1, p. 59-69, jan. 1994.

SCHUMACHER, M. V. *et al.* Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no estado do Rio Grande do Sul. **Rev. Árvore**, Viçosa, v.27, n.6, p.791-798, 2003.

SCHUMACHER, M. V. *et al.* Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande – RS. **Rev. Árvore**, Viçosa, v.28, n.1, p. 29-37, 2004.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication.** Urbana: University of Illinois Press, 1949. 117p.

SILVA, M. S. C. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Paraty, RJ.** 2006. 68f. (Mestrado em Ciências em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

SILVA, C. J. *et al.* Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amaz.**, Manaus, v. 37, n. 4, p. 543-548, 2007.

SILVEIRA, N. D. **Indicadores de sustentabilidade ambiental em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica**. 2003. 75f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.

SILVEIRA, N. D. *et al.* Aporte de nutrientes e biomassa via serrapilheira em sistemas agroflorestais em Paraty-RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 129-136, 2007.

SIQUEIRA, L. P. **Monitoramento de áreas restauradas no interior do Estado de São Paulo, Brasil**. 2002. 116f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SOUZA, D. R. *et al.* Emprego de análise multivariada para estratificação vertical de florestas inequidâneas **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 27, n.1, p. 59-63, 2003.

SOUZA, C. R. *et al.* Comportamento da *Acacia mangium* e de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em plantios experimentais na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 95-101, 2004.

SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serrapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantação de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **CERNE**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 101-113, 2001.

STRAALEN, N. M. van Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied soil Ecology**, v. 9, p. 429-437, 1998.

SWAINE, M. D. Population dynamics of tree species in tropical forests In: NIELSEN, L. B. H.; NIELSEN, I. C.; BALSLEV, H. (Ed). **Botanical Dynamics, Speciation and Diversity**. San Diego: Academic Press, 1990. p. 3-101.

SWAINE, M. D. Long term studies of tropical forest dynamics. In: JOHNSTON, A.E. **Long-term experiments in agricultural and ecological sciences**. Wallington: CAB International, 1994. p.305-302.

THOMAS, S. C. Asymptotic height as a predictor of growth and allometrics characteristics of? Malaysian rain forest trees. **American Journal of Botany**, v. 83, p. 556-566, 1996.

TOLEDO, L. O. ; PEREIRA, M. G. Dinâmica da deposição de serrapilheira: um estudo prolongado em florestas secundárias em área de mata Atlântica. **Rev. Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 11, n. 1, p. 39-46, 2004.

- TOLEDO, L. O.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 9-16, 2002.
- TONET, R. M.; FERREIRA, L. G. S.; OTOBONI, J. L. M. **A cultura da pupunha**. Boletim Técnico, n. 237. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), 1999. 44 p.
- TONINI, H. *et al.* Avaliação de espécies florestais em área de mata no estado de Roraima. **CERNE**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 8-18, jan./mar. 2006.
- TONET, R. M.; FERREIRA, L.G.S.; OTOBONI, J. L. M. **A cultura da pupunha**. Campinas: CATI, 1999, 44p. (Boletim Técnico, 237).
- TORQUEBIAU, E. Sustainability indicators in agroforestry. In: HUXLEY, P. A. (Ed). **Viewpoints and issues on agroforestry and sustainability**. Nairobi: ICRAF, 1989. 14p.
- VANDERMEER, J. H. **The ecology of intercropping**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 237p.
- VAZ DA SILVA, P. P. **Sistema agroflorestal para recuperação de mata ciliar em Piracicaba, SP**. 2002. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- VIEIRA, S. A. **Efeito de plantações florestais (*Eucalyptus* sp.) sobre a dinâmica de nutrientes em região de cerrado do Estado de São Paulo**. 1998. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1998.
- VIEIRA, D. C. M. **Chuva de sementes, banco de sementes e regeneração natural sob três espécies de início de sucessão em uma área restaurada em Iracemópolis (SP)**. 2004. 102f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- VILAS BOAS, O. Uma breve descrição dos sistemas agroflorestais na América Latina. **IF. Série Registros**, São Paulo, n. 8, p. 1-16, 1991.
- VITAL, A. R. T. *et al.* Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.
- VIVAN, J. **Agricultura e florestas: principio de uma interação vital**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 207p.

VIVAN, J.; FLORIANI, G. S. Construção participativa de indicadores de sustentabilidade em sistemas agroflorestais em rede na Mata Atlântica. In: MONTOYA VILCAHUAMÁN, L. J.; RIBASKI, J.; MACHADO, A. M. B. (Org.). **Sistemas Agroflorestais e desenvolvimento com proteção ambiental: práticas e tecnologias desenvolvidas**. Curitiba: Embrapa Florestas - CNPF, 2006. p. 9-34.

WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Rev. Bras. Bot.**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 195-198, jun. 2001.

WILLIAMS-LINERA, G. Crecimiento diamétrico de arboles caducifolios y perennifolios del bosque mesófilo de montaña en los alrededores de Xalapa. **Madera y Bosques**, México, v. 2, n. 2, p. 53-65, 1996.

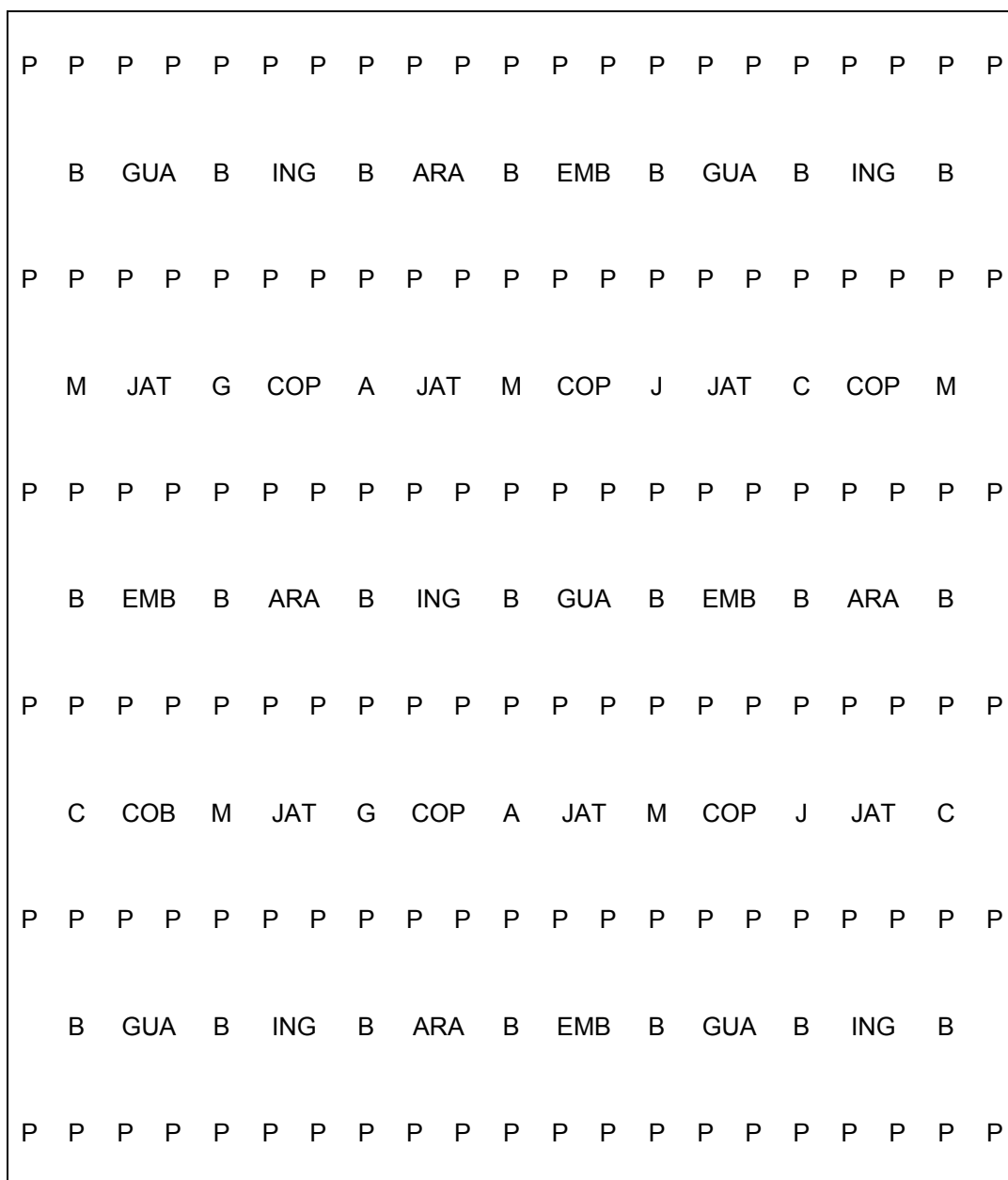
WINK, C. *et al.* Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Rev. Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005.

YAMADA, T.; YAKAMURA, T.; LEE, H. S. Architectural and allometric differences among *Scaphium* species are related to microhabitat preference. **Functional Ecology**, v. 14, n. 1, p. 731-737, 2000.

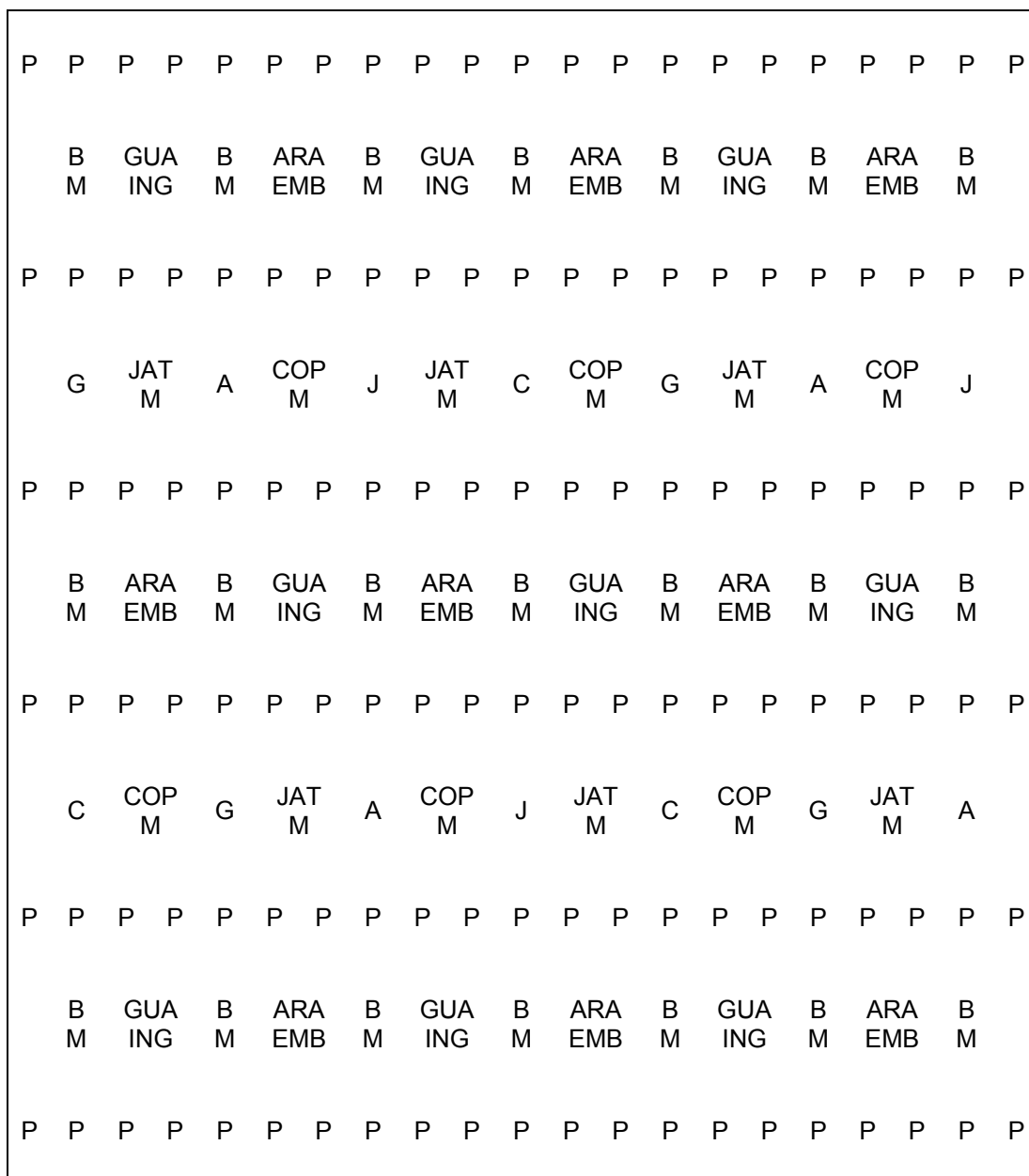
YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Wallingford: CAB International, 1989.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999. 663 p.

## 8. ANEXO 1

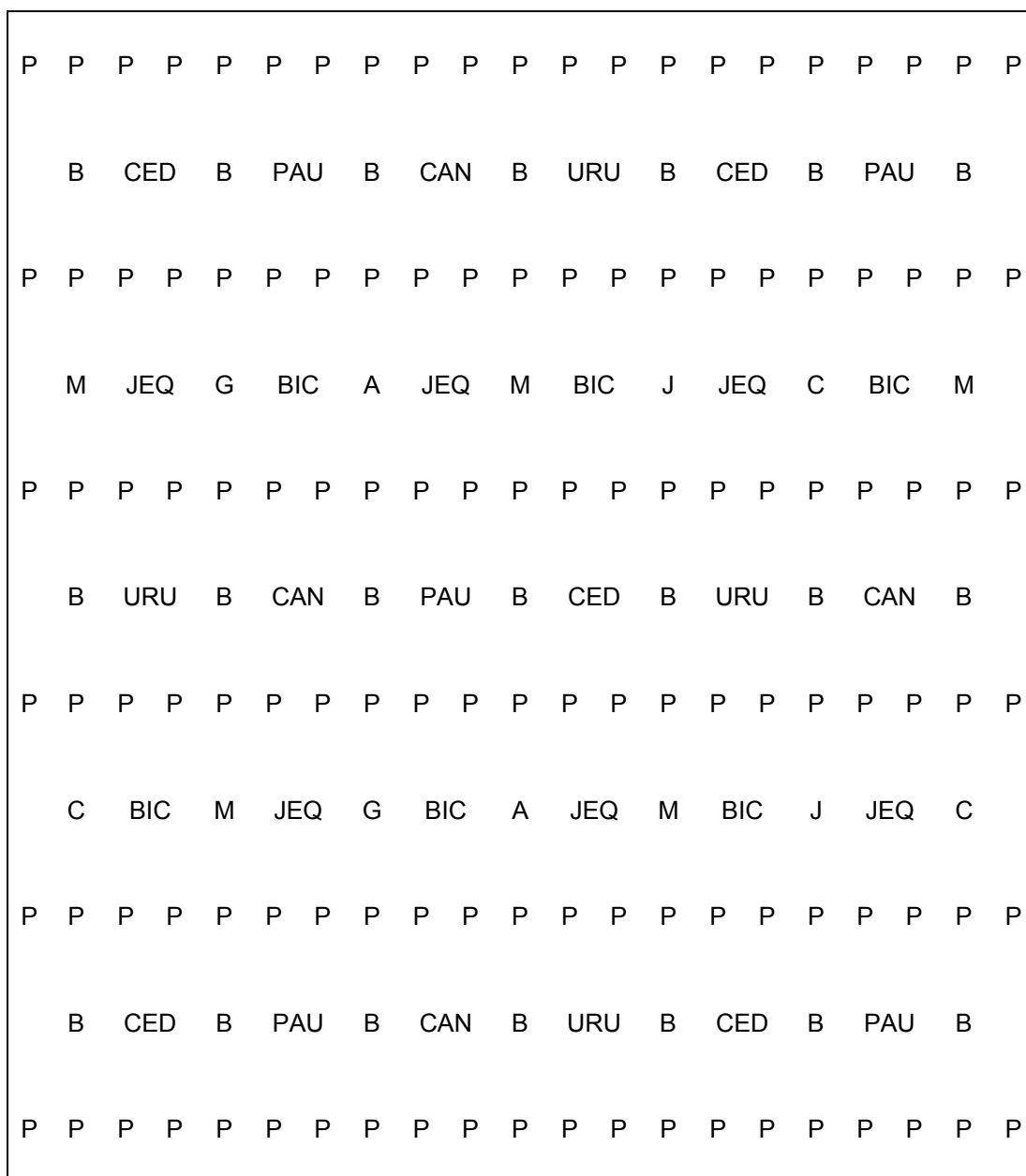


**Figura 16:** Disposição da composição florística do sistema agroflorestal no Tratamento 1 (leguminosas com plantio solteiro), com espaçamento 2 x 1,5 m entre as espécies arbóreas e 2 x 1 m entre as pupunheiras. P – *Bactris gasipaes* Kunth (pupunha), B – *Musa* sp.(banana), M – *Carica papaya* L. (mamão), G – *Anona muricata* L. (graviola), A – *Pouteria caimito* (Ruiz e Pav.) Radlk.(abiu), J – *Artocarpus heterophyllus* Lam. (jaca), C – *Averrhoa carambola* L.(carambola), GUA – *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (guapuruvu), ING – *Inga* sp.(ingá), ARA – *Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth.(araribá), EMB – *Lonchocarpus guillemineanus* (Tul.) Malme (embira-de-sapo), JAT – *Hymenaea courbaril* L. (jatobá) e COP – *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba).

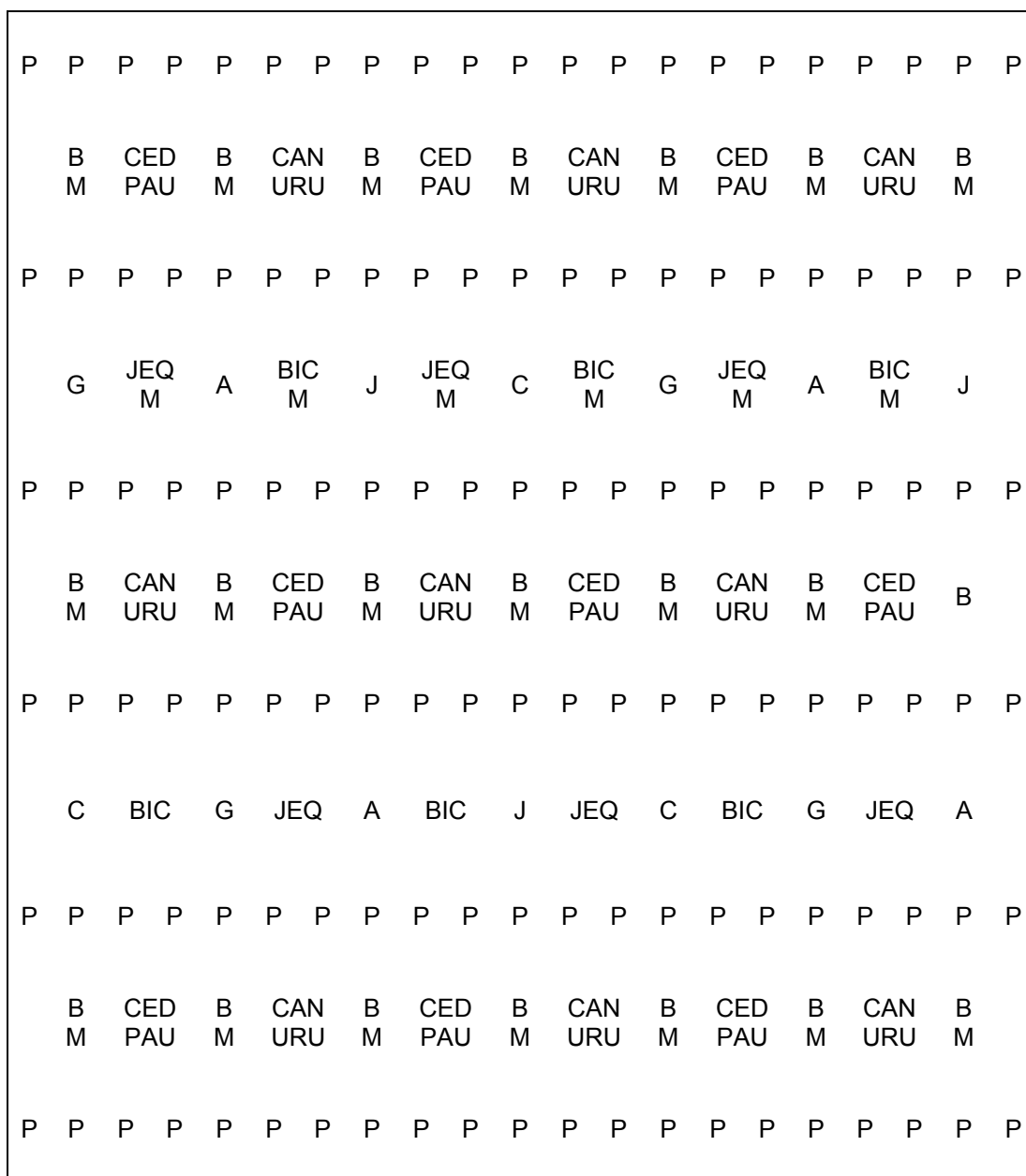


**Figura 17:** Disposição da composição florística do sistema agroflorestral no Tratamento 2 (leguminosas com plantio casado), com espaçamento 2 x 1,5 m entre as espécies arbóreas e 2 x 1 m entre as pupunheiras. P – *Bactris gasipaes* Kunth (pupunha), B – *Musa* sp.(banana), M – *Carica papaya* L. (mamão), G – *Anona muricata* L. (graviola), A – *Pouteria caimito* (Ruiz e Pav.) Radlk.(abiu), J – *Artocarpus heterophyllus* Lam. (jaca), C – *Averrhoa carambola* L.(carambola), GUA – *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (guapuruvu), ING – *Inga* sp.(ingá), ARA – *Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth.(araribá), EMB – *Lonchocarpus guillemineanus* (Tul.) Malme (embira-de-sapo), JAT – *Hymenaea courbaril* L. (jatobá) e COP – *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba).





**Figura 18:** Disposição da composição florística do sistema agroflorestal no Tratamento 3 (não-leguminosas com plantio solteiro), com espaçamento 2 x 1,5 m entre as espécies arbóreas e 2 x 1 m entre as pupunheiras. P – *Bactris gasipaes* Kunth (pupunha), B – *Musa* sp.(banana), M – *Carica papaya* L. (mamão), G – *Anona muricata* L. (graviola), A – *Pouteria caimito* (Ruiz e Pav.) Radlk.(abiu), J – *Artocarpus heterophyllus* Lam. (jaca), C – *Averrhoa carambola* L.(carambola), CED – *Cedrela fissilis* Vell. (cedro), PAU – *Citharexylum myrianthum* Cham. (pau-viola), CAN – *Nectandra lanceolata* Ness (canela), URU – *Bixa ollerana* L. (urucum), JEQ – *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (jequitibá) e BIC – *Virola bicuhyba* (Schott ex Spreng.) Warb. (bicuíba).



**Figura 19:** Disposição da composição florística do sistema agroflorestral no Tratamento 4 (não-leguminosas com plantio casado), com espaçamento 2 x 1,5 m entre as espécies arbóreas e 2 x 1 m entre as pupunheiras. P – *Bactris gasipaes* Kunth (pupunha), B – *Musa* sp.(banana), M – *Carica papaya* L. (mamão), G – *Anona muricata* L. (graviola), A – *Pouteria caimito* (Ruiz e Pav.) Radlk.(abiu), J – *Artocarpus heterophyllus* Lam. (jaca), C – *Averrhoa carambola* L.(carambola), CED – *Cedrela fissilis* Vell. (cedro), PAU – *Citharexylum myrianthum* Cham. (pau-viola), CAN – *Nectandra lanceolata* Ness (canela), URU – *Bixa ollerana* L. (urucum), JEQ – *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (jequitibá) e BIC – *Virola bicuhyba* (Schott ex Spreng.) Warb. (bicuíba).