Campus de São Carlos

**RECUPERAÇÃO DA MATA CILIAR DO CÓRREGO
TARUMÃ (TARUMÃ, SP): ASPECTOS
ESTRUTURAIS, FLORÍSTICOS E AMBIENTAIS DE
QUATRO MODELOS FLORESTAIS DEZ ANOS APÓS
O PLANTIO.**

Élton Rodrigo da Silveira

Dr^a Giselda Durigan

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 12 / 09 / 01

Ass.: *Guilherme*

**RECUPERAÇÃO DA MATA CILIAR DO CÓRREGO TARUMÃ
(TARUMÃ, SP): ASPECTOS ESTRUTURAIS, FLORÍSTICOS E
AMBIENTAIS DE QUATRO DIFERENTES MODELOS
FLORESTAIS, DEZ ANOS APÓS O PLANTIO.**

Élton Rodrigo da Silveira

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de
São Carlos, da Universidade de São Paulo, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

ORIENTADORA: Dra Giselda Durigan

DEDALUS - Acervo - EESC

31100036748

São Carlos

2001

Class.	TESE-EESC
Cutt.	S681
Tombo	T0186 01

1200 915

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S587r Silveira, Éliton Rodrigo da
Recuperação da mata ciliar do córrego Tarumã (Tarumã, SP): aspectos estruturais, florísticos e ambientais de quatro diferentes modelos florestais, dez anos após o plantio / Éliton Rodrigo da Silveira. -- São Carlos, 2001.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2001.
Área: Ciências da Engenharia Ambiental.
Orientador: Prof^a. Dr^a. Giselda Durigan.

1. Mata ciliar. 2. Recuperação. 3. Estrutura.
4. Ciclagem de nutrientes. 5. Regeneração natural.
I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Licenciado **ÉLITON RODRIGO DA SILVEIRA**

Dissertação defendida e julgada em 20-07-2001 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dra. **GISELDA DURIGAN (Orientadora)**
(Instituto Florestal – Estação Experimental de Assis)

aprovado

Prof. Dr. **EVALDO LUIZ GAETA ESPÍNDOLA**
(Escola de Engenharia de São Carlos - USP)

APROVADO

Prof. Dr. **JOSÉ SALATIEL RODRIGUES PIRES**
(Universidade Federal de São Carlos- UFSCar)

Aprovado

Prof. Doutor **EVALDO LUIZ GAETA ESPÍNDOLA**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental

MARIA DO CARMO CALIJURI
Vice-Presidente da Comissão de Pós-Graduação
em exercício

AGRADECIMENTOS

À Dr^a Giselda Durigan, pela orientação e, sobretudo, pela amizade.

À FAPESP, pela concessão da bolsa e dos recursos de reserva técnica, sem os quais não seria possível desenvolver esta pesquisa.

Ao Instituto Florestal, pela concessão dos equipamentos e disponibilização da biblioteca da Estação Experimental de Assis.

A Hugo de Souza Dias, por autorizar a realização da pesquisa na fazenda Canaçu.

À Daniella Vinha, de quem roubei boa parte do tempo, pela força e companheirismo nos momentos difíceis.

A Marco Antônio de Oliveira Garrido, pelo estímulo para ingressar nas ciências florestais.

Ao Furlan e ao Dick, pela amizade e ajuda na coleta de dados no campo.

Ao Evandro, pela amizade, pela diversas concatenações, e atos pirofágicos.

Ao Caê e o Gunther, pela amizade, traduções e concatenações.

À Vivi, pela amizade e cuidado na diagramação deste trabalho.

A Eduardo van den Berg, pelo auxílio na utilização do software Hemiphot.

A Ary Teixeira de Oliveira Filho, pelo empréstimo da lente hemisférica.

Ao assessor anônimo da FAPESP, pelas sugestões para melhorar o projeto original e através das análises dos relatórios.

A João Luiz Ferreira Batista, pelo empréstimo do densiômetro.

Aos professores Evaldo L. Gaeta Espindola e José Salatiel Rodrigues Pires, pelas sugestões feitas no exame de qualificação.

Ao pessoal da Estação Experimental de Assis, pelo apoio ao longo do trabalho.

Aos funcionários e amigos do CRHEA, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus, pela vida.

**Aos meus pais Dorival e Cristina, ao meu irmão
Evandro, a minha avó D. Elza e a Maria Julia, os quais me
deram ânimo para superar os obstáculos,**

dedico.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1. Local.....	9
3.2. Formação da floresta.	10
3.2.1. Espécies plantadas.	10
3.2.2. Combinações de espécies (módulos)	11
3.2.3. Técnicas de plantio e manutenção.....	12
3.3. Métodos de avaliação dos diferentes modelos florestais testados.....	12
3.3.1. Sobrevivência e crescimento das espécies plantadas.....	13
3.3.2. Estrutura da floresta formada.....	13
3.3.3. Regeneração natural.....	13
3.3.4. Identificação das espécies vegetais.....	14
3.3.5. Luminosidade.....	14
3.3.6. Cobertura das copas.....	15
3.3.7. Características químicas do solo superficial.....	17
3.3.8. Produção de folheto.....	17
3.3.9. Riqueza e diversidade.....	18
3.3.10. Similaridade.....	19
3.3.11. Avaliação dos indicadores de restauração.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1. Análise da área experimental como um todo.....	21
4.1.1. Espécies identificadas.....	21

4.1.2. Regeneração Natural X Síndrome de Dispersão.....	24
4.1.3. Desempenho das espécies plantadas.....	26
4.2. Análise comparativa dos diferentes modelos florestais testados.....	29
4.2.1. Regeneração natural.....	29
4.2.2. Similaridade florística.....	37
4.2.3. Estrutura da floresta formada.....	38
4.2.4. Luminosidade.....	52
4.2.5. Cobertura do dossel e espécies invasoras.....	56
4.2.6. Produção e características químicas do folheto.....	57
4.2.7. Características químicas do solo superficial.....	67
4.3. Indicadores de restauração	68
5. CONCLUSÕES.....	70
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. Localização das áreas de amostragem na fazenda Canaçu, Tarumã, SP.....	9
FIGURA 2. Diagrama de perfil (20x5m) do plantio puro com espécies pioneiras (Tratamento A).....	41
FIGURA 3. Diagrama de perfil da floresta (20x5m) no plantio com 50% de pioneiras + 50% não pioneiras (Tratamento B).....	42
FIGURA 4. Diagrama de perfil da floresta (20x5m) no plantio misto aleatório (Tratamento C).....	43
FIGURA 5. Diagrama de perfil da floresta (20x5m) no plantio puro de <i>Pinus elliottii</i> var. <i>densa</i> (Tratamento D).....	44
FIGURA 6. Diagrama de perfil da floresta (20x5m) no fragmento natural remanescente (tratamento E).....	45
FIGURA 7. Classes de altura no plantio puro de pioneiras, Tarumã, SP.....	46
FIGURA 8. Classes de altura no plantio de 50% pioneiras + 50% não pioneiras, Tarumã, SP.....	46
FIGURA 9. Classes de altura no plantio misto aleatório, Tarumã, SP.....	47
FIGURA 10. Classes de altura no plantio puro de <i>Pinus</i> , Tarumã, SP.....	47
FIGURA 11. Classes de altura no fragmento natural, Tarumã, SP.....	48
FIGURA 12. Classes de DAP no plantio puro de pioneiras, Tarumã, SP.....	49
FIGURA 13. Classes de DAP no plantio de 50% pioneiras + 50% não pioneiras, Tarumã, SP.....	49
FIGURA 14. Classes de DAP no plantio misto aleatório, Tarumã, SP.....	50
FIGURA 15. Classes de DAP no plantio puro de <i>Pinus</i> , Tarumã, SP.....	50
FIGURA 16. Classes de DAP no fragmento natural, Tarumã, SP.....	51
FIGURA 17. Fotografia Hemisférica efetuada no tratamento C (plantio misto aleatório), em Tarumã SP.....	52
FIGURA 18. Produção de folheto em plantio de mata ciliar ao longo do ano: tratamento A (plantio puro de pioneiras), Tarumã, SP.....	61

FIGURA 19. Produção de folheto em plantio de mata ciliar ao longo do ano: tratamento B (50% pioneiras + 50% não pioneiras), Tarumã SP.....	61
FIGURA 20. Produção de folheto em plantio de mata ciliar ao longo do ano: tratamento C (plantio misto aleatório), Tarumã SP.....	62
FIGURA 21. Curva de produção de folheto em plantio de mata ciliar ao longo do ano: tratamento D (plantio puro de Pinus), Tarumã, SP.....	62
FIGURA 22. Produção de folheto ao longo do ano: tratamento E (fragmento natural), Tarumã, SP.....	63
FIGURA 23. Produção anual de folheto em diferentes modelos florestais, Tarumã, SP.....	64
FIGURA 24. Precipitação pluviométrica durante o período de coleta de folheto no município de Tarumã, SP.....	64
FIGURA 25. Deposição anual de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes tratamentos.....	65
FIGURA 26. Deposição anual de micronutrientes (g/ha) nos diferentes tratamentos.....	66

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
TABELA 1. Consumo de mão de obra e mecanização para execução do plantio.....	12
TABELA 2. Espécies identificadas na área experimental e floresta natural remanescente, Tarumã SP.....	21
TABELA 3. Porcentagem de espécies apresentando as diferentes síndromes de dispersão em diferentes ambientes.....	24
TABELA 4. Espécies em regeneração natural na área experimental como um todo, em ordem decrescente do número de indivíduos amostrados.....	25
TABELA 5. Sobrevivência e crescimento das espécies, aos doze meses e aos 10 anos após plantio de mata ciliar, em Tarumã/SP.....	28
TABELA 6: Densidade, riqueza e diversidade da regeneração natural em diferentes módulos de reflorestamento de mata ciliar, em Tarumã, SP.....	30
TABELA 7. Espécies em regeneração natural sob plantio puro de espécies pioneiras (tratamento A), em recomposição de mata ciliar, Tarumã, SP.....	31
TABELA 8. Espécies em regeneração natural sob plantio misto com 50% pioneiras + 50% não pioneiras (tratamento B), em recomposição de mata ciliar, Tarumã, SP.....	32
TABELA 9. Espécies em regeneração natural sob plantio misto aleatório de espécies nativas (tratamento C), em recomposição de mata ciliar, Tarumã, SP.....	33
TABELA 10. Espécies em regeneração natural sob plantio puro de <i>Pinus</i> (tratamento D), em recomposição de mata ciliar, Tarumã, SP.....	34
TABELA 11. Similaridade florística entre a área experimental e florestas naturais da região e outros plantios experimentais de recomposição de mata ciliar	37

TABELA 12. Características estruturais da floresta nos diferentes módulos de plantio e no fragmento natural remanescente.....	40
TABELA 13. Dados de luminosidade nos diferentes módulos de recomposição de mata ciliar e em fragmento florestal remanescente, Tarumã, SP.....	55
TABELA 14. Cobertura do dossel estimada por três métodos diferentes, cobertura do piso por gramíneas e regeneração natural em plantio experimental de mata ciliar, Tarumã, SP.....	57
TABELA 15. Análise química do folheto depositado por diferentes tratamentos em plantio de recomposição da mata ciliar e em floresta natural, Tarumã, SP.....	59
TABELA 16. Retorno de nutrientes ao solo através de folheto (macronutrientes e micronutrientes) nos cinco diferentes tratamentos, em mata ciliar plantada e em fragmento natural remanescente, Tarumã, SP.....	60
TABELA 17. Características químicas do solo superficial em plantio de mata ciliar e fragmento natural, Tarumã, SP.....	67
TABELA 18 Indicadores e critérios utilizados para avaliar o plantio de restauração da mata ciliar em Tarumã, SP	68

RESUMO

SILVEIRA, E. R. (2001) Recuperação da mata ciliar do Córrego Tarumã (Tarumã, SP): aspectos estruturais, florísticos e ambientais de quatro diferentes modelos florestais, dez anos após o plantio. São Carlos, 2001. 82p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

A recomposição das matas ciliares pode vir a ser a solução mais eficaz e duradoura para reverter o acelerado processo de degradação dos recursos hídricos. Não há, no entanto, consenso sobre técnicas e espécies adequadas para a recomposição e nem critérios e indicadores para avaliar o êxito dos plantios. Esta pesquisa tratou do estudo de um reflorestamento efetuado em 1990, às margens do córrego Tarumã, município de Tarumã, SP. No plantio foram utilizadas 29 espécies, sendo 28 nativas da região e uma introduzida de valor comercial (*Pinus elliottii* var. *densa*). As árvores foram plantadas em quatro módulos distintos, caracterizados por diferentes combinações de espécies, como segue: Módulo A – 100% pioneiras; Módulo B – 50% pioneiras + 50% não pioneiras; Módulo C – plantio misto aleatório de espécies nativas (pioneiras ou não) e módulo D – 100 % *Pinus*. Avaliou-se a floresta formada, dez anos após o plantio, com base no desempenho das espécies plantadas e comparando-se os módulos entre si e com fragmento natural remanescente – (E), quanto à estrutura do estrato arbóreo, densidade, diversidade e riqueza florística da regeneração natural, características químicas do solo superficial e deposição de folheto ao longo do ano. Verificou-se que há diferença entre os módulos de plantio para boa parte dos parâmetros avaliados. Do ponto de vista da estrutura da floresta, todos os módulos de plantio apresentam área basal, diâmetro médio e altura máxima inferiores ao fragmento natural. Por outro lado, a densidade do plantio foi superior à densidade da floresta natural e, mesmo com a mortalidade ao longo desses dez anos, a densidade nos diferentes módulos ainda é superior à da floresta natural (árvores com DAP $\geq$

5cm). Em síntese, dez anos não foram suficientes para que, nas condições ambientais deste experimento, a floresta plantada adquirisse a estrutura de uma floresta natural. Comparando-se entre si as espécies plantadas quanto ao seu desempenho, destacaram-se pela alta sobrevivência: *Inga uruguensis*, *Croton urucurana* e *Schinus terebinthifolius*. Pelo crescimento em altura e diâmetro, as espécies com melhor desempenho foram: *Anadenanthera macrocarpa*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Croton urucurana* e *Pinus elliottii* var. *densa*. Comparando-se os quatro módulos entre si, verifica-se que o plantio misto aleatório apresentou maior densidade e riqueza de espécies em regeneração, seguido do plantio com 50% pioneiras + 50% não pioneiras, plantio puro de pioneiras e, no último lugar, o plantio puro de *Pinus*. Predominam espécies zoocóricas na regeneração natural, sendo que 62% das espécies não foram plantadas, devendo ter sido trazidas por dispersores. No que diz respeito à ciclagem de nutrientes, o plantio puro de *Pinus*, embora tenha depositado a maior quantidade de folheto/ha/ano, proporciona baixo retorno de nutrientes ao solo de modo geral, já que a concentração desses nutrientes no folheto é baixa. Além disso, a análise química da camada superficial do solo mostrou que sob o *Pinus* o solo é mais ácido e há menor disponibilidade para a maior parte dos nutrientes em relação aos tratamentos com espécies nativas. Em síntese, do ponto de vista da recuperação da estrutura, diversidade e ciclagem de nutrientes, o modelo que mais se aproximou da floresta natural foi o plantio misto aleatório com essências nativas. No outro extremo, com piores resultados, esteve o plantio puro com *Pinus elliottii* var. *densa*, para as condições ambientais da área estudada.

Palavras-chaves: mata ciliar, recuperação, estrutura, ciclagem de nutrientes, regeneração natural.

ABSTRACT

SILVEIRA, E. R. (2001) Riparian forest restoration along Tarumã River (Tarumã SP.): floristic, structural and environmental aspects of four different forest modules, ten years after planting. São Carlos, 2001. 82p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

Riparian forests restoration can be the best way to stop the degradation process of the water resources. However, there is no agreement about how to do that, what are the best species and planting techniques and how to evaluate the planted forests. This study was based upon a planted riparian forest, along Tarumã River, Tarumã municipality, São Paulo State. Twenty nine species were planted, being 28 native and one introduced species. Trees were planted in four different species combinations, as follows: Module – A 100% pioneer species; Module – B 50% pioneer and 50% no pioneer species; Module – C mixed; Module – D 100% *Pinus*. The four modules were evaluated ten year after planting, considering: forest structure, density, richness and diversity of natural regeneration, litter deposition and chemical properties of surface soil. These results of the planted forest were compared with a forest remnant – (E) located close to the experimental area. Differences were found among treatments and in comparison with the natural forest, for most of the parameters considered. Basal area, DBH, and maximum height were lower than in the forest fragment. Trees density is still higher in the planted forest than in the natural one, even the mortality rates have been high. Ten years were not enough to make the planted forest structure similar to the natural forest. Comparing the planted species performance, there is a group of high survival rates: *Inga uruguensis*, *Croton urucurana* and *Schinus terebinthifolius*. Another group presented species with high increment in height and diameter: *Anadenanthera macrocarpa*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Croton urucurana* and *Pinus elliottii* var. *densa*. Natural regeneration density and richness under the planted forest were also different among treatments, in decreasing order: mixed planting ⇒

50% pioneer + 50% no pioneer $\Rightarrow$ 100% pioneer $\Rightarrow$ pure *Pinus*. Among the species surveyed, zoochory is the main dispersion syndrome and 62% of the species were not planted. They were, probably, brought by animal dispersers. Litter production was higher in pure *Pinus* planting than in the other treatments. However, nutrients concentration is lower than in treatments with native species. So, total quantity of mineral elements that return to the soil is higher in those forests planted with native species. In addition, chemical properties of surface soil under *Pinus* forests (H + Al, pH, Ca, Mg, etc.) are worse than under other treatments. This study leads to conclusion that, among the tested treatments, the mixed planting with native species (C) was the most similar to the native forest in structure, diversity and natural regeneration. The worst result, under the environmental conditions of this study, was obtained with the pure stand of *Pinus elliottii* var. *densa*.

Key-words: riparian forest, restoration, structure, nutrient cycling, natural regeneration.

1. INTRODUÇÃO

A falta de água em quantidade e, principalmente, com qualidade adequada para consumo humano parece ser uma das mais sérias ameaças a que a humanidade será submetida neste século que se inicia.

Ao lado de mudanças climáticas globais, que interferem na quantidade de chuvas em todo o mundo, alterações ambientais locais como o desmatamento e o manejo inadequado do solo levam a grandes alterações no regime hídrico das bacias hidrográficas, colocando em risco o abastecimento de água.

A consciência da gravidade da situação, embora recente no Brasil, desencadeou atitudes visando impedir o avanço da degradação e a recuperação de áreas já degradadas. Entre essas atitudes, podem ser citadas as mudanças na legislação, as pesquisas e os projetos de recuperação da cobertura vegetal em bacias hidrográficas.

Segundo RODRIGUES & GANDOLFI (2000), “a recuperação de áreas degradadas é uma consequência do uso incorreto da paisagem e, fundamentalmente, dos solos por todo o país, sendo apenas uma tentativa limitada de remediar um dano que, na maioria das vezes, poderia ter sido evitado”.

A verdade é que, especialmente nas duas últimas décadas, vários empreendimentos de menor ou maior porte, têm sido instalados visando a recuperação de florestas, principalmente matas ciliares. Segundo KAGEYAMA & GANDARA (2000), essas iniciativas se multiplicaram a partir da década de 90, em consequência da conscientização da sociedade e de exigências legais.

Porém, embora tenham aumentado os empreendimentos e as pesquisas em ecologia de matas ciliares naturais e sobre técnicas de plantio, são praticamente inexistentes pesquisas voltadas à avaliação destes empreendimentos.

RODRIGUES & GANDOLFI (2000) apontam a necessidade do estabelecimento de indicadores que possibilitem avaliações periódicas das tentativas de recuperação, ou seja, que verifiquem se os objetivos foram alcançados.

Não há, ainda, sequer consenso sobre o modelo ideal para a recuperação de matas ciliares.

Esta pesquisa foi desenvolvida visando avaliar dez anos após o plantio, diferentes modelos para a recuperação de mata ciliar, em que foram utilizadas diferentes combinações de espécies.

Estabeleceu-se como objetivo da pesquisa responder às seguintes questões:

- A) Há diferenças no crescimento e sobrevivência entre as espécies plantadas?
- B) Há diferenças na estrutura da floresta formada com diferentes combinações de espécies após 10 anos?
- C) Está ocorrendo regeneração de espécies arbóreas sob a floresta 10 anos após o plantio?
- D) A riqueza e a densidade da regeneração natural são variáveis entre modelos de plantio?
- E) As espécies em regeneração são aquelas plantadas ou provêm de outras fontes?
- F) Há diferenças na sazonalidade, na quantidade e na composição química do folheto depositado pelos diferentes modelos de plantio?
- G) Há diferenças nas características químicas do solo sob os diferentes tipos de floresta plantados?

As respostas a estas questões fornecerão subsídios para novos plantios de mata ciliar, especialmente na região Oeste do Estado de São Paulo e também fornecerão importantes informações no sentido de se identificarem critérios e indicadores adequados para a avaliação de plantios visando a recuperação da mata ciliar.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Mata ciliar tem sido um termo genérico adotado para se referir à vegetação florestal justaposta aos corpos d'água, quer sejam nascentes, rios, lagos ou reservatórios (DURIGAN & LEITÃO FILHO, 1995). Vários têm sido os termos adotados ao longo do tempo, e especialmente em diferentes formações vegetais, para denominar essas florestas.

RODRIGUES (2000), tecendo ampla discussão sobre o assunto, pondera que estas florestas têm características definidas por uma interação complexa de fatores dependentes das condições ambientais das margens dos corpos d'água. Isso resulta em denominações regionais e fitofisionômicas distintas, sobre as quais não há consenso.

Se, por um lado, para as florestas naturais ribeirinhas a denominação é controversa, para as florestas plantadas tem sido adotado, de maneira geral no Brasil, o termo mata ciliar, adotado também ao longo desse estudo.

Porém, quando se trata do plantio de matas ciliares, a controvérsia se baseia no termo que designa a ação e termos como: restauração, reabilitação, recuperação, redefinição, reconstituição, entre outros, têm sido utilizados com pouca clareza na distinção entre eles. RODRIGUES & GANDOLFI (2000) apresentam diferentes termos, definindo-os. Estes autores optam por empregar o termo “recuperação” como designação genérica de qualquer ação que possibilite a reversão de uma área degradada para a condição de não degradada, qualquer que tenha sido sua ocupação original ou venha ser sua ocupação futura.

Mais importantes do que as outras expressões que possam traduzir a expressão “recuperação da mata ciliar”, têm sido as discussões e tentativas de se encontrarem técnicas e espécies adequadas para a execução de plantios bem sucedidos, que possibilitem a formação de florestas e que possam exercer as funções de proteção que delas se espera.

Entre estas funções, destacam-se:

1. a proteção dos recursos hídricos, com a mata ciliar exercendo função tampão entre os rios e as terras cultivadas. Essa função foi abordada por vários autores, incluindo KARR & SCHLOSSER (1978), LOWRANCE *et al.* (1984), BAKER (1984), PETERJOHN & CORREL (1984), REICHARDT (1987), DELLITI (1989), LIMA (1989), PINAY *et al.* (1990), SCHULTZ *et al.* (1994).
2. proteção à vida aquática (WEATHERLEY & ORMEROD, 1990), através do controle de temperatura da água.
3. proteção à fauna silvestre (BRINSON *et al.* 1991; MARINHO FILHO & REIS, 1989; HARPER *et al.*, 1991 e COSTA, 1996), destacando-se a função de corredor biológico e favorecendo o fluxo gênico.
4. fonte de abrigo e alimentação para a fauna (CLARY & MEDIN, 1992; MITSCH & GOSSELINK, 1992)
5. proteção à flora (FELFILI, 1994; SILVA Jr. *et al.*, 1998, RODRIGUES & NAVE, 2000).

Pesquisas voltadas ao conhecimento das matas ciliares naturais, especialmente no tocante à florística e fitossociologia, adquiriram importância no Brasil a partir da década de 1980, com um grande número de trabalhos publicados, compilados recentemente por RODRIGUES & NAVE (2000), que reuniram as espécies apresentadas em 43 trabalhos publicados sobre matas ciliares do Brasil extra-amazônico.

Os primeiros plantios de árvores visando a proteção dos mananciais foram anteriores àquelas pesquisas sobre florestas naturais. Entre esses plantios antigos destacam-se: a recuperação da floresta da Tijuca, iniciada em larga escala em 1862 (ATALA *et al.* 1966), o reflorestamento da mata ciliar às margens do Rio Jaguari iniciada em 1955 (NOGUEIRA, 1977) e os primeiros plantios efetuados pela CESP, na década de 1970, ao redor de reservatórios de usinas hidrelétricas. Nenhum desses empreendimentos seguia modelos específicos que orientassem a escolha e a distribuição de espécies no campo. Assim, foram plantadas árvores nativas e exóticas, sem preocupação com a fitossociologia ou os processos sucessionais.

Com a evolução do conhecimento sobre a estrutura e o funcionamento das matas ciliares naturais, foram sendo elaborados modelos e indicadas diretrizes para plantio de recuperação da mata ciliar.

Plantios mais recentes, experimentais ou não, têm partido de estudos preliminares sobre a estrutura, composição florística e processos sucessionais da vegetação original. Dentre estas experiências recentes merecem destaque outros plantios da CESP (KAGEYAMA, 1992; KAGEYAMA *et al.* 1990, 1992 e 1994), Itaipú (MÜLLER & ZELAZOWSKY, 1989) e plantios menores (REVILLA & AMARAL, 1988; RODRIGUES & LEITÃO FILHO, 1988; OCTAVIANI *et al.* 1989; RODRIGUES *et al.* 1992; DURIGAN, 1990; JOLY, 1992; BARBOSA *et al.* 1992, 1993).

KAGEYAMA & CASTRO (1989), analisando os plantios efetuados até então, classificaram os modelos, que podem ser assim agrupados:

- Plantio aleatório (NOGUEIRA, 1977; BIELLA, 1981; DURIGAN & DIAS, 1990).
- Plantio segundo estudos fitossociológicos (JOLY, 1992; JOLY *et al.* 2000).
- Plantio segundo métodos sucessionais (KAGEYAMA *et al.* 1986; KAGEYAMA *et al.* 1994; MESSINA, 1998).

Em trabalho mais recente, KAGEYAMA & GANDARA (2000), além de abordarem modelos de plantio de mudas, descrevem outras técnicas de restauração que vêm sendo utilizadas, como semeadura direta, regeneração natural e plantios de enriquecimento.

Nas últimas duas décadas, diversas publicações foram elaboradas com a finalidade de orientar plantios, destacando-se: SALVADOR (1989); SALVADOR & OLIVEIRA (1989); DURIGAN & NOGUEIRA (1990); IBAMA (1990); TOLEDO *et al.* (1992); MACEDO (1993); CRESTANA *et al.* (1993); BOTELHO *et al.* (1995); GANDOLFI & RODRIGUES (1996); DURIGAN *et al.* (2001) e BARBOSA (2000a).

BARBOSA (2000b), após analisar os modelos de restauração que vêm sendo utilizados, concluiu que “apesar de existirem muitos modelos de repovoamento florestal heterogêneo com espécies nativas para recuperação de áreas degradadas, nenhum deles pode ser considerado ideal para todos os casos, face ao grande número de variáveis possíveis de interferir no desempenho das espécies em um determinado local ou modelo.”

Se há controvérsia sobre modelos, talvez ainda maiores sejam as controvérsias sobre espécies a utilizar. A grande maioria dos autores defende a utilização de espécies nativas do ecossistema que se deseja restaurar.

DAVIDE (1994), afirma que todos os estudos da flora e ecologia das florestas naturais remanescentes permitem indicação segura das espécies a serem plantadas. Este autor afirma ainda que na primeira fase de seleção devem ser priorizadas espécies pioneiras e secundárias iniciais.

SEITZ (1994) vai além, afirmando que as características das espécies plantadas, especialmente quanto à dispersão de sementes e posição dentro de fases serais, são fundamentais para a regeneração natural e, portanto, definem o sucesso ou insucesso de um programa de recuperação de áreas degradadas.

Embora afirmando que a sucessão secundária de florestas naturais deve ser um modelo a ser seguido, JESUS (1994) considera que “a imposição do uso de espécies nativas é de grande controvérsia e muito tem contribuído para uma inação nos processos de recuperação”.

LOHMANN (1994) considera que a utilização de um grande número de espécies, adaptadas ao local de plantio, determina o sucesso do reflorestamento. Esta posição é defendida por KAGEYAMA & GANDARA (2000).

Considerando que a natureza do distúrbio que leva à degradação ambiental desempenha papel fundamental na recuperação do ecossistema, CAIRNS JR. (1986) pondera que para cada tipo de distúrbio deve ser desenvolvida uma estratégia distinta de manejo visando a restauração.

A utilização de espécies exóticas como estratégia para recuperar ambientes muito degradados é mencionada por DURIGAN *et al.* (2001) e defendida por BROWN (1995) e ASHTON *et al.* (1997). Os dois últimos autores, com base em resultados experimentais, asseguram que as espécies exóticas (ASHTON *et al.*, 1997, utilizaram *Pinus*) podem auxiliar a sucessão florestal, criando condições para o estabelecimento de espécies nativas no sub-bosque.

No Brasil, alguns estudos sobre o sub-bosque de floresta de *Eucalyptus* têm apresentado resultados favoráveis ao plantio de exóticas como facilitadoras da regeneração de nativas. Podem ser citados, entre estes estudos: DURIGAN *et al.* (1997) em região de cerrado, CALEGARIO (1993), SILVA Jr. *et al.* (1995), DAVIDE *et al.* (1996), e MOURA (1998) em regiões florestais.

LUGO (1992a), em Porto Rico, encontrou regeneração natural abundante e diversificada de espécies nativas sob plantio de *Pinus caribaea* e *Swietenia macrophylla*. A autora concluiu que, após 50 anos, as áreas reflorestadas com exóticas eram muito semelhante à floresta natural.

Poucas referências há, no entanto, abordando métodos para avaliar o êxito dos projetos de recuperação de ecossistemas.

A avaliação dos plantios após alguns anos tem sido restrita ao crescimento e sobrevivência das espécies plantadas. Há poucos resultados de pesquisa que possibilitem análise comparativa entre os diferentes modelos de plantio e outros métodos de restauração. DURIGAN & SILVEIRA (1999) analisaram plantio experimental de mata ciliar em domínio de cerrado em que foram comparadas diferentes espécies e modelos de plantio. Os autores concluíram que, para aquelas condições, o plantio puro de *Pinus* forneceu melhor proteção ao meio físico e o plantio aleatório de essências nativas resultou em floresta mais semelhante à original.

Os autores ressaltam que, embora o *Pinus* recubra mais rapidamente o terreno, as florestas homogêneas deixam a desejar quanto à restauração da diversidade biológica.

Alguns autores têm procurado avaliar a regeneração natural de espécies arbóreas sob as florestas plantadas como indicador do êxito dos plantios de restauração, podendo ser citados: DURIGAN & DIAS (1990); MALUF (2000) e GISLER (2000).

RODRIGUES & GANDOLFI (2000), ao analisarem o panorama da conservação e recuperação de matas ciliares, apontam a necessidade do estabelecimento de indicadores adequados para a avaliação periódica dos projetos de restauração.

Têm sido utilizados e/ou recomendados indicadores de fauna, como formigas (ANDERSEN, 1997), invertebrados terrestres (JANSEN, 1997), organismos do solo

(SAUTTER, 1998), insetos (BROWN Jr, 2000), produção de folheto (SANTOS, 1988; GISLER, 2000) e, predominantemente, parâmetros relacionados com a vegetação (RODRIGUES & GANDOLFI, 1998 e MANTOVANI, 1998).

Não há resultados de pesquisa de longo prazo sobre plantios de restauração no Brasil. É possível que, aos poucos, os processos naturais de regeneração da floresta conduzam a algo muito próximo da vegetação original, quaisquer que tenham sido as espécies ou modelos de plantio. LUGO (1992b) considera que a sucessão natural seja o procedimento melhor e mais rápido para a restauração de ambientes de florestas tropicais em que os danos à biota e ao solo não tenham sido irreversíveis.

A falta de critérios e indicadores claros e de fácil aplicação para a avaliação de áreas restauradas torna difícil não só avaliar todos os modelos que vêm sendo testados do ponto de vista ecológico, mas também avaliar processos jurídicos de reparação de danos ambientais.

A definição de um protocolo claro e preciso para avaliar a efetividade dos plantios de restauração será ferramenta extremamente útil para os órgãos fiscalizadores, responsáveis pela aplicação das leis ambientais.

Além disso, uma vez definidos os critérios para se considerar restaurado um ecossistema, também será mais fácil o planejamento dos plantios, visando atingir o ideal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

A floresta em que foi desenvolvido o presente estudo foi plantada em janeiro de 1990, às margens do córrego Tarumã, na fazenda Canaçu, município de Tarumã, Estado de São Paulo. A área experimental localiza-se pelas coordenadas 22° 45'S e 50° 25'W. A área total do plantio compreende 12.060m² (Figura 1).

FIGURA 1. Localização das áreas de amostragem na fazenda Canaçu, Tarumã, SP.
E = fragmento natural (tratamento E)

Há alguns fragmentos florestais naturais remanescentes na região, estando o mais próximo a cerca de 300m de distância da área plantada, em linha reta, distância esta que é a mesma para os diferentes módulos de plantio. Para efeito de comparação este fragmento foi utilizado como sendo representativo da flora original local.

Os módulos situam-se todos dentro da faixa de 30m a partir da margem do rio e ocupam posição praticamente perpendicular em relação à direção do vento predominante (sudeste) na região.

O solo do local, classificado segundo o SNCS – Sistema Nacional de Conservação dos Solos (IAC-IGC, S.d.), é do tipo Latossolo Roxo Eutrófico. O clima, segundo Köppen, é do tipo Cwa, ou seja, mesotérmico, com temperatura dos meses mais frios inferiores a 18° C e dos meses mais quentes superiores a 22° C, sujeito a geadas esporádicas. A precipitação média anual é de 1350mm.

3.2. Formação da floresta.

3.2.1. Espécies plantadas.

As espécies utilizadas no plantio foram organizadas em grupos, como segue:

ESPÉCIE INTRODUZIDA:

ESPÉCIE
<i>Pinus elliottii</i> Engelm var. <i>densa</i> Little & Dormann

ESPÉCIES PIONEIRAS:

ESPÉCIE
<i>Croton floribundus</i> Spreng.
<i>Croton urucurana</i> Bail.
<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.
<i>Inga uruguensis</i> Hook & Arnott
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hass.
<i>Schinus terebinthifolius</i> Benth.
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) Smith & Downs.
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.

ESPÉCIES NÃO PIONEIRAS:

ESPÉCIE
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.
<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.
<i>Casearia sylvestris</i> Sm.
<i>Cedrella fissilis</i> L. Vell.
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guill.
<i>Chorisia speciosa</i> St. Hill.
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.
<i>Cupania vernalis</i> Camb.
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.
<i>Genipa americana</i> L.
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez.
<i>Peltophorum dubium</i> (Speng.) Taub
<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth
<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Tol.
<i>Vitex montevidensis</i> Cham.

3.2.2. Combinações de espécies (módulos)

A área total foi subdividida em quatro sub-áreas, correspondentes às diferentes combinações de espécies, segundo os grupos apresentados:

A = 100% Pioneiras (*Croton urucurana* + *C. floribundus*).

B = 50% Pioneiras (*Croton urucurana* + *C. floribundus*) + 50% não pioneiras, plantadas em linhas alternas.

C = Plantio misto aleatório (todas as espécies nativas, pioneiras e não pioneiras).

D = 100% *Pinus elliotti* var. *densa*.

Para efeitos de comparação de diversos parâmetros adotou-se, como tratamento E, um fragmento natural remanescente próximo à área experimental.

3.2.3. Técnicas de plantio e manutenção

Foram plantadas 2.680 mudas (2222 mudas/ha), produzidas em embalagens plásticas de 800ml. Na época do plantio, em janeiro de 1990, as mudas tinham seis meses de idade e altura média de 50cm.

O preparo do terreno para a execução do plantio compreendeu as seguintes operações:

- roçada mecanizada da vegetação existente (predominantemente gramíneas).
- aplicação de herbicida (glifosato).
- sulcamento (3m entre linhas).
- coveamento manual das linhas sulcadas, com 20cm de diâmetro e 30cm de profundidade, em espaçamento 3 x 1,5m.

Não foi efetuada aplicação de corretivos ou fertilizantes, uma vez que se visava avaliar a adaptação das espécies às condições naturais do solo.

A manutenção do plantio compreendeu coroamento das mudas (80cm de diâmetro), combate permanente às formigas cortadeiras e roçadas semestrais durante os dois primeiros anos após o plantio.

O tempo gasto com mão de obra e mecanização está relacionado na Tabela 1

TABELA 1. Consumo de mão de obra e mecanização para execução do plantio.

Serviço	Horas/máquina/ha	Homens/dia/ha
Subsolagem	2	
Gradeação	4	
Sulcamento	1,5	
Coveamento+distribuição de muda+plantio		42
TOTAL	7,5	42

3.3. Métodos de avaliação dos diferentes modelos florestais testados

Os diferentes modelos florestais foram comparados não só quanto ao desempenho individual das espécies e das combinações de espécies plantadas, mas principalmente quanto

às perspectivas de perpetuação da floresta através de regeneração natural e possíveis efeitos na ciclagem de nutrientes. Os aspectos avaliados foram os seguintes:

3.3.1. Sobrevivência e crescimento das espécies plantadas

Para a avaliação do desempenho das espécies em termos de sobrevivência e crescimento foi efetuado o censo, com a medição de DAP - diâmetro à altura do peito (medido a 1,30 acima do nível do solo) e altura de todos os indivíduos existentes na área reflorestada, dez anos após o plantio, tomando-se por base os registros relativos ao número de indivíduos de cada espécie que foram plantados há dez anos.

Para a medição de diâmetro utilizou-se suta e as medições de altura foram feitas com régua dendrométrica telescópica (15 m).

3.3.2. Estrutura da floresta formada

Para caracterização da estrutura da floresta, em cada um dos tratamentos, foram medidos DAP, altura e diâmetro da copa dos indivíduos presentes em cinco parcelas de 100m² em cada um dos módulos e no fragmento natural remanescente. A partir destes dados, determinou-se a sobrevivência, densidade, área basal e distribuição dos indivíduos por classe de altura e DAP. Foram elaborados ainda diagramas de perfil, segundo o método proposto por RICHARDS (1996), para visualização da estratificação do dossel.

3.3.3. Regeneração natural

Para cada um dos módulos de plantio foram instaladas cinco parcelas de 100m² (10m x 10m), onde foram identificados e medida a altura de todos os indivíduos de espécies arbóreas ou arbustivas em regeneração, com altura igual ou superior a 50cm. Esta altura mínima tem sido adotada na maioria dos estudos recentes de regeneração natural, como sendo adequada para quantificar plantas jovens estabelecidas (GROMBONE-GUARATINI, 1999; GISLER, 2000; MALUF, 2000). A partir destes dados foram determinadas a densidade absoluta e a densidade relativa das espécies em regeneração nos diferentes módulos, em comparação com as espécies

plantadas e as espécies comuns em fragmentos remanescentes na região. Como elementos básicos de comparação foram utilizados levantamentos de matas ciliares naturais remanescentes na região (DURIGAN & LEITÃO FILHO, 1995) e também foi efetuado levantamento florístico em fragmento florestal próximo da área de plantio e de árvores isoladas em um raio de 500m a partir da área de estudo.

As espécies em regeneração foram analisadas quanto à provável origem dos propágulos (se das espécies plantadas ou dos fragmentos naturais remanescentes), agentes dispersores e estágio sucessional (tomando-se como indicadores principalmente a tolerância à sombra e a síndrome de dispersão).

3.3.4. Identificação das espécies vegetais

O levantamento das espécies no fragmento natural remanescente e ao redor da área experimental foi feito através de caminhadas aleatórias. O material botânico coletado nestas áreas e nas parcelas de amostragem da regeneração natural foi identificado por comparação com exsicatas já identificadas da flora regional, depositadas na coleção botânica da Estação Experimental de Assis.

3.3.5. Luminosidade

Visando correlacionar a regeneração natural com a quantidade de luz no sub-bosque, foi feita a estimativa de penetração de luz direta e difusa, através da análise computadorizada de fotografias hemisféricas digitalizadas. CHAZDON (1988) apresenta uma revisão histórica do uso desse método, utilizado por diversos autores (RICH, 1989; RICH *et al.* 1993; WHITMORE *et al.* 1993). A autora considera esse método adequado para a comparação de diferentes sítios em uma mesma área geográfica. PETERS *et al.* (1995) utilizaram o *software* HEMIPHOT para análise de fotografias hemisféricas em florestas no Japão.

Foram produzidas para este estudo fotografias com auxílio de lente hemisférica OP-NIKORR 8 mm, com ângulo de 180°, acoplada a uma câmera fotográfica NIKON, com filme em preto e branco KODAK TX (ASA 400). As fotos foram obtidas com abertura de

diafragma em f/4 e velocidade do filme à exposição igual a 1/60 segundo. A câmera foi fixada em tripé equipado com nível e apontada para o céu a 1,5 m do nível do solo, com o disparador voltado para o norte, fato esse importante para orientação da foto durante o processamento das imagens. As fotografias foram feitas em dia de céu nublado (completamente encoberto por nuvens), conforme recomendações de WHITMORE *et al.* (1993), que afirmam que céu azul deve ser evitado, pois o reflexo do sol na folhagem e as sombras podem dificultar na distinção do dossel durante o processo de digitalização das imagens.

Foram produzidas cinco fotos em cada um dos diferentes módulos de plantio e cinco fotos no fragmento de floresta natural remanescente para comparação, visando detectar as variações da cobertura do dossel e, conseqüentemente, da luminosidade entre tratamentos.

As fotos, digitalizadas em *scanner* de mesa, foram processadas no *software* ADOBE PHOTOSHOP 5.5, onde passaram para o modo *grayscale*. Foram atribuídas às fotos todos os tons de cinza contidos nas imagens originais. A seguir, estas imagens passaram para o modo *threshold*, assumindo somente as cores branco e preto, requisitadas pelo *software* HEMIPHOT para a finalização do processo e verificação de luminosidade sob o dossel.

3.3.6. Cobertura das copas

A cobertura é definida por GREIG-SMITH (1964) como a proporção do piso ocupada pela projeção perpendicular da parte aérea dos indivíduos, podendo ser estimada ou medida e expressa em porcentagem. FLOYD & ANDERSON (1987) comparam a determinação da cobertura por diferentes métodos: linhas, pontos e parcelas, concluindo que, conforme observa DAUBENMIRE (1959), a estimativa da cobertura das copas por parcelas é muito mais eficiente do que o método de linhas, embora mais demorada.

Neste estudo, utilizaram-se três diferentes métodos para avaliar a cobertura das copas:

1- *Estimativa a partir da projeção das copas sobre a área das parcelas em que foram efetuadas as medições para caracterização da estrutura da floresta.*

Mediram-se o maior e o menor diâmetro da copa de cada um dos indivíduos (projeção sobre trena), utilizando-se o diâmetro médio para os cálculos. Foi efetuada, portanto, a estimativa de cobertura das copas em cinco parcelas de 100 m² em cada um dos tratamentos, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$C = 100 \sum_{i=1}^n C_i / A, \quad \text{onde}$$

C = grau de cobertura (%)

C_i = área da projeção da copa do indivíduo i

$$C_i = \pi \cdot D_i^2 / 4$$

D_i = diâmetro médio da copa do indivíduo i (m)

n = número de indivíduos medidos na área A

A = área da parcela útil (m²)

2- Estimativa por pontos, com uso do densiômetro.

Para o levantamento de densidade das copas foi utilizado o densiômetro vertical (GRS Densimeter). Este método consiste em se registrar a presença ou ausência de cobertura no ponto de amostra. Foram amostrados 100 pontos em cada módulo e 100 pontos no fragmento natural.

Os pontos foram distribuídos aleatoriamente no interior da área de cada tratamento, mantendo-se a distância de cinco passos entre pontos.

3- Estimativa pela interceptação de luz a partir de fotos hemisféricas.

Obteve-se o valor de cobertura subtraindo-se de 100% a abertura quantificada pelo *software* HEMIPHOT.

Os dados de cobertura foram utilizados para comparação entre tratamentos e também em comparação com os dados de luminosidade obtidos para cada tipo de floresta.

A cobertura do piso por gramíneas invasoras foi estimada visualmente, em porcentagem da área das parcelas por elas ocupadas, segundo GREIG-SMITH (1964), visando detectar possíveis correlações com a cobertura das copas e a regeneração natural.

3.3.7. Características químicas do solo superficial

Optou-se por efetuar análise da camada superficial do solo (0 – 5cm de profundidade), que supõe-se ser a camada que acusa maior interferência da ciclagem de nutrientes proporcionada pelos diferentes tipos de florestas.

Foram coletadas 10 amostras da camada superficial do solo em cada um dos diferentes módulos florestais para análise das características químicas, correlacionando-as com o tipo de floresta e com as características químicas do folheto depositado. Para coleta das amostras foram seguidos os procedimentos recomendados por LEMOS & SANTOS (1982) e as análises foram feitas segundo o método proposto pela EMBRAPA (1979). Foram analisados: Fósforo (P), matéria orgânica (M. O.), pH, hidrogênio + alumínio (H + Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação de bases (V%) potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e ferro (Fe). As análises químicas do solo, foram efetuadas no laboratório da Cooperativa Agropecuária de Pedrinhas Paulista.

3.3.8. Produção de folheto

Conforme método utilizado por DURIGAN *et al.* (1996), foram instalados, em cada modelo florestal plantado, 10 coletores de 50cm x 50cm, construídos de madeira com fundo de tela de nylon (sombrite). Para efeito de comparação, foram instalados 10 coletores no fragmento de floresta nativa (floresta estacional semidecidual) situado a 300m da área de estudo. O folheto depositado foi recolhido a cada 30 dias, durante 12 meses.

O material foi seco em estufa a 70° C, até atingir peso constante, e pesado em balança eletrônica. Para cada tratamento (modelos de plantio e fragmento) foi efetuada uma amostra composta, para análise química do folheto depositado.

As análises químicas do folheto foram efetuadas no laboratório de nutrição mineral de plantas da UNESP câmpus de Botucatu.

Os resultados obtidos com a coleta de folheto possibilitaram a análise comparativa entre os módulos, a floresta natural e os resultados já publicados para florestas naturais da região (DURIGAN *et al.*, 1996, PAGANO & DURIGAN, 2000) e em mata ciliar plantada (SANTOS, 1988) em Campinas - SP, em termos de quantidade e/ou sazonalidade da deposição de folheto. Além dessa análise, a análise química do folheto depositado nos diferentes módulos possibilitou a comparação em termos do retorno de nutrientes ao solo através da deposição de folheto.

Para a obtenção destes valores, efetuaram-se cálculos a partir da quantidade total de folheto depositado por cada tratamento e pelas análises da concentração de nutrientes neste folheto.

3.3.9. Riqueza e diversidade

Com base nos dados de regeneração natural, os diferentes modelos florestais foram comparados quanto à riqueza florística e calculou-se também a diversidade, utilizando o índice de Shannon - H' (PIELOU, 1975), para cada um dos modelos, segundo a fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

Onde:

$$P_i = n_i / N$$

n_i = número de indivíduos da espécie i

N = número total de indivíduos amostrados

$\ln$ = logarítimo com base neperiana

3.3.10. Similaridade

Efetuaram-se cálculos de similaridade pelo índice de Jaccard (MAGURRAN, 1988), segundo a fórmula:

$$C_j = c/(a + b - c),$$

Onde:

a = número total de espécies presentes em uma das amostras

b = número total de espécies presentes na outra amostra

c = número de espécies comuns a ambas as amostras

Os resultados obtidos no plantio experimental foram comparados com matas ciliares naturais da região (DURIGAN & LEITÃO FILHO, 1995), com o fragmento natural remanescente próximo ao plantio e com resultados obtidos em termos de regeneração natural em outros plantios experimentais, como: plantio efetuado em 1997 (GISLER, 2000) em Santa Cruz das Palmeiras e plantio efetuado a partir de 1988 (MALUF, 2000) no Pontal do Paranapanema.

3.3.11. Avaliação dos indicadores de restauração

Os parâmetros utilizados na avaliação dos tratamentos foram analisados comparativamente quanto à sua eficácia, com base nos seguinte critérios:

CRITÉRIOS		VALORES			
		0	1	2	3
F	Facilidade de aplicação	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil
I	Facilidade de interpretação dos resultados	Muito difícil	Difícil	Fácil	Muito fácil
R	Rapidez de obtenção de resultados	Requer cálculos e equipamentos complexos ou muito tempo	Requer cálculos complexos	Requer cálculos simples	Imediata
E	Exigência de equipamento sofisticado	Equipamento caro e raro	Equipamento complexo	Equipamento simples	Não requer equipamento
P	Precisão	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Q	Qualidade como indicador de restauração	Ruim	Regular	Boa	Excelente
C	Correlação com a floresta natural	Baixa	Média	Alta	Muito alta

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise da área experimental como um todo

4.1.1. Espécies identificadas

Foram identificadas 86 espécies, no total, compreendendo as espécies plantadas (29), espécies em regeneração natural (37) e espécies ocorrendo no fragmento remanescente e ao redor da área de plantio (64). As espécies identificadas, seus nomes populares, tolerância à sombra e síndrome de dispersão encontram-se listados na Tabela 2.

TABELA 2. Espécies identificadas na área experimental e em floresta natural remanescente, Tarumã SP. TS = tolerância à sombra (T=tolerante e I=intolerante), S = Síndrome de dispersão (A=anemocoria, B=barocoria e Z=zoocoria), P = espécies plantadas, F = espécies identificadas no fragmento e ao redor da área de plantio (raio de 500 m) e RN = espécies em regeneração natural.

ESPÉCIE	NOME POPULAR	TS	S	P	F	RN
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	monjoleiro	I	B		X	
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	tamanqueiro	I	Z		X	
<i>Allophylus edulis</i> (St. Hil.) Radlk	chal-chal	T	Z		X	X
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	angico-vermelho	I	B	X		X
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vog.) Macbr.	amarelinho	I	A		X	
<i>Aspidosperma polyneuron</i> M. Arg.	peroba	T	A		X	
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	guaritá	I	A		X	
<i>Balfourodendrom riedelium</i> (Engl.) Engl.	pau-marfim	T	A	X	X	
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.	pata-de-vaca	I	B	X	X	
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	murta	T	Z			X
<i>Calliandra foliolosa</i> Benth.	esponjinha	T	B		X	
<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.	guanandi	I	Z	X		
<i>Campomanesia rhombea</i> Berg	gabirola	T	Z		X	

TABELA 2. Cont.

ESPÉCIE	NOME POPULAR	TS	S	P	F	RN
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	gabirola	T	Z	X		
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	cambroé	I	Z		X	
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	guaçatonga	T	Z	X	X	X
<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	embaúba	I	Z		X	X
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro	I	A	X	X	X
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guill. Ex Benth.	araribá	I	A	X	X	
<i>Cestrum calycinum</i> Willd		T	Z		X	X
<i>Cestrum sendtnerianum</i> Mart. Ex. Sendt.		T	Z		X	X
<i>Chorisia speciosa</i> St. Hill.	paineira	I	A	X		
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichl.) Engl.	guatanbu	T	Z		X	
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaiba	T	Z	X		
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	café-de-bugre	T	Z	X		
<i>Cordia superba</i> Cham.	babosa branca	I	Z		X	
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex steud.	louro	I	A		X	
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	capixingui	I	B	X	X	X
<i>Croton urucurana</i> Bail.	sangra d'água	I	B	X		X
<i>Cupania vernalis</i> Camb.	camboatá	T	Z	X	X	X
<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.	pau-viola	I	Z	X		X
<i>Diatenopterix sorbifolia</i> Radlk.	correieira	I	A		X	
<i>Duguetia lanceolata</i> St. Hil.	pindaíva	T	Z		X	
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.	tamboril	I	B	X		
<i>Eugenia florida</i> DC.		T	Z		X	
<i>Eugenia</i> sp		T	Z			X
<i>Eugenia uniflora</i> L.	pitanga	T	Z			X
<i>Ficus guaranitica</i> Schodat	figueira-branca	T	Z		X	
<i>Ficus insipida</i> Willd.	figueira-do-brejo	T	Z		X	
<i>Galesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	pau-d'alho	I	A		X	
<i>Genipa americana</i> L.	genipapo	I	Z	X		
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabr.	candeia	I	A		X	
<i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell		I	Z		X	
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	canjambo	T	Z		X	X
<i>Guarea guidonea</i> (L.) Sleumer	marinheiro	T	Z		X	
<i>Holocalyx balansae</i> Mich.	alecrim	T	Z		X	X
<i>Inga marginata</i> Willd.	ingá	T	Z		X	
<i>Inga uruguensis</i> Hook & Arnott	ingá	I	Z	X	X	
<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat		T	Z		X	
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hass.	embira-de-sapo	I	A	X	X	X
<i>Lonchocarpus guilleminianus</i> (Tul.) Malme	embira-de-sapo	I	A		X	
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Steff.	barreiro	I	A		X	
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	cateretê	I	A		X	
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vog.	sapuvinha	I	A		X	

TABELA 2. Cont.

ESPÉCIE	NOME POPULAR	TS	S	P	F	RN
<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	espinheira santa	T	Z		X	
<i>Matayba eleagnoides</i> Radlk.	camboatá	T	Z		X	X
<i>Michelia champaca</i> L.	magnólia amarela	I	Z			X
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.	cabreúva	T	A	X	X	X
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez.	canelinha	T	Z	X	X	X
<i>Ocotea puberula</i> (Reich.) Nees.	canela-guaicá	T	Z		X	X
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	angico-vermelho	I	B		X	
<i>Patagonula americana</i> L.	guaiuvira	I	A		X	
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub	canafistula	I	A	X	X	X
<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem.	jaborandi	T	B		X	
<i>Pinus elliottii</i> Engelm var. <i>densa</i> Little & Dormann	pinus	I	A	X		
<i>Piper aduncum</i> L.	falso jaborandi	T	Z		X	X
<i>Piper amalago</i> (Jacq.) Yunker	falso jaborandi	T	Z		X	X
<i>Piper glabratum</i> Kunth.	falso jaborandi	T	Z			X
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.	pau-jacaré	I	B		X	
<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth	coração-de-negro	T	B	X		
<i>Psidium guajava</i> L.	goiaba	I	Z		X	X
<i>Sapium longifolium</i> (Muell. Arg.) Huber	mata-olho	I	B			X
<i>Schinus terebinthifolius</i> Benth.	aroeira-pimenteira	I	Z	X		X
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) Smith & Downs.	branquilha	I	B	X		
<i>Solanum granuloso-leprosum</i> Dun.	fumo-bravo	I	Z		X	X
<i>Sorocea bonplandii</i> (Bail.) Burg.	falsa-espinheira-santa	T	Z		X	
<i>Stenolobium stans</i> Leem	ipezinho	I	A		X	X
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassm.	jerivá	I	Z		X	
<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Tol.	ipê-roxo	I	A	X	X	X
<i>Tabebuia vellosi</i> Tol.	ipê-amarelo	I	A		X	X
<i>Tabernaemontana hystrix</i> (Steud) A. DC.	leiteiro	T	Z		X	X
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	peito-de-pombo	T	Z	X		X
<i>Trichilia palida</i> Swarts	catiguá	T	Z		X	X
<i>Vitex montevidensis</i> Cham.	tarumã	I	Z	X		
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	mamica-de-porca	I	Z		X	
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	mamica-de-porca	I	Z		X	X

Apenas nove espécies foram registradas em todas as circunstâncias: *Casearia sylvestris*, *Cedrela fissilis*, *Croton floribundus*, *Cupania vernalis*, *Lonchocarpus muehlbergianus*, *Myroxylon peruiferum*, *Nectandra megapotamica*, *Tabebuia heptaphylla* e *Peltophorum dubium*. Dentre as espécies plantadas, estas parecem ser as melhor adaptadas ao ambiente local.

4.1.2. Regeneração Natural X Síndrome de Dispersão

Analisando-se as espécies quanto à síndrome de dispersão (Tabela 3) verifica-se que as proporções são diferentes entre a floresta natural, a floresta plantada e a regeneração natural.

TABELA 3. Porcentagem de espécies apresentando as diferentes síndromes de dispersão em diferentes ambientes.

Ambiente	Anemocoria %	Zoocoria %	Barocoria %
Floresta Natural	33	56	11
Espécies Plantadas	31	45	24
Espécies em Regeneração Natural	19	73	8

Desta análise depreende-se que a zoocoria corresponde não só à maior porcentagem de espécies em regeneração (Tabela 3), mas também às espécies com maior número de indivíduos (*Cestrum calycinum*, *Tapirira guianensis*, *Cestrum sendtnerianum*), apresentadas na Tabela 4. *Tapirira guianensis* está entre as espécies que foram plantadas, o que leva a crer que os diásporos sejam oriundos de matrizes dessas espécies. Porém, as outras duas espécies não foram plantadas. Estas espécies ocorrem naturalmente em áreas próximas (fragmento remanescente), evidenciando a importância da fauna nos processos de regeneração e perpetuação da mata ciliar.

Cabe ressaltar que todas as espécies em regeneração natural que não foram plantadas e nem amostradas num raio de 500 m ao redor da área experimental (*Blepharocalyx salicifolius*, *Eugenia* sp., *Eugenia uniflora*, *Michelia champaca*, *Piper glabratum* e *Sapium longifolium*), têm seus frutos procurados pela fauna, especialmente aves. Provavelmente, o raio de ação desses dispersores vai além dos 500m amostrados, de modo que os diásporos podem ter se originado de outros fragmentos ou árvores plantadas em locais além desta distância.

A diferença na importância relativa da zoocoria entre as espécies em regeneração e na floresta natural indica que a fauna é mais eficaz como agente dispersor, no processo

inicial de regeneração, em comparação com o vento ou a gravidade. As espécies anemocóricas em regeneração estão presentes com poucos indivíduos.

SEITZ (1994), afirma que as espécies anemocóricas tendem a ser as primeiras a se estabelecerem após a destruição total da vegetação. Nesta área de plantio, as árvores plantadas, atraindo a fauna, podem ter levado a uma situação diferente da considerada por aquele autor.

KAGEYAMA & GANDARA (2000) questionam a efetividade dos processos naturais de dispersão e regeneração, entre outros, sob florestas plantadas. Os dados obtidos neste estudo demonstram que, para as condições desta área experimental, esses processos têm ocorrido com sucesso.

TABELA 4. Espécies em regeneração natural na área experimental como um todo, em ordem decrescente do número de indivíduos amostrados. N = Número de indivíduos amostrados; DA = Densidade absoluta e DR = Densidade relativa.

Espécie	N	DA (ind/ha)	DR (%)
<i>Cestrum calycinum</i>	295	1475	36,2
<i>Tapirira guianensis</i>	129	645	15,8
<i>Cestrum sendtnerianum</i>	79	395	9,7
<i>Croton floribundus</i>	52	260	6,4
<i>Schinus terebinthifolius</i>	50	250	6,1
<i>Piper aduncum</i>	38	190	4,7
<i>Ocotea puberula</i>	34	170	4,2
<i>Cytherexylum myrianthum</i>	22	110	2,7
<i>Tabernaemontana hystrix</i>	15	75	1,8
<i>Croton urucurana</i>	14	70	1,7
<i>Cecropia pachystachya</i>	13	65	1,6
<i>Nectandra megapotamica</i>	10	50	1,2
<i>Casearia sylvestris</i>	7	35	0,9
<i>Matayba elaeagnoides</i>	7	35	0,9
<i>Sapium longifolium</i>	7	35	0,9
<i>Piper amalago</i>	6	30	0,7
<i>Eugenia uniflora</i>	4	20	0,5
<i>Solanum granulosoleprosum</i>	4	20	0,5
<i>Stenolobium stans</i>	4	20	0,5
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	3	15	0,4
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	3	15	0,4

TABELA 4. Cont.

Espécie	N	DA (ind/ha)	DR (%)
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	2	10	0,2
<i>Guarea kunthiana</i>	2	10	0,2
<i>Michelia champaca</i>	2	10	0,2
<i>Allophylus edulis</i>	1	5	0,1
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	1	5	0,1
<i>Cedrela fissilis</i>	1	5	0,1
<i>Cupania vernalis</i>	1	5	0,1
<i>Eugenia sp</i>	1	5	0,1
<i>Holocalyx balansae</i>	1	5	0,1
<i>Myroxylon peruiferum</i>	1	5	0,1
<i>Peltophorum dubium</i>	1	5	0,1
<i>Piper glabratum</i>	1	5	0,1
<i>Psidium guajava</i>	1	5	0,1
<i>Tabebuia vellosi</i>	1	5	0,1
<i>Trichilia palida</i>	1	5	0,1
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	5	0,1
TOTAL	815	4075	100,0

4.1.3. Desempenho das espécies plantadas

Na Tabela 5 são apresentados os dados de altura média, DAP médio e sobrevivência das espécies, aos doze meses e aos dez anos após o plantio.

A sobrevivência das árvores dez anos após o plantio apresentou alta variação entre espécies. Destacaram-se pela alta sobrevivência as espécies *Inga uruguensis*, *Nectandra megapotamica*, *Croton urucurana*, *Schinus terebinthifolius* e *Croton floribundus*. No outro extremo, com sobrevivência baixa ou nula, apresentaram-se as espécies: *Cupania vernalis*, *Sebastiania commersoniana*, *Cedrela fissilis* e *Myroxylon peruiferum*.

Analisando-se o desempenho das espécies quanto ao crescimento em altura (média), destacaram-se *Croton urucurana*, *Pinus elliotti* var. *densa* e *Enterolobium contortisiliquum*. As maiores médias de diâmetro (DAP) foram registradas em *Anadenanthera macrocarpa*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Croton urucurana*.

Quando se analisam os dados de sobrevivência e crescimento aos 12 meses e aos 10 anos, verifica-se que houve alterações ao longo do tempo. Isso leva a crer que a avaliação de plantios jovens pode levar a conclusões equivocadas sobre o desempenho das espécies.

Para algumas espécies como *Cedrela fissilis*, houve queda acentuada de sobrevivência entre 1 e 10 anos, provavelmente em decorrência do ataque de *Hypsipyla grandella* (broca-do-cedro).

Outras espécies como *Sebastiania commersoniana*, com crescimento inicial lento e intolerantes à sombra, podem ter elevada a mortalidade à medida que aumentou o sombreamento.

Para as condições de solo da área experimental, considerando-se em uma análise conjunta os aspectos de crescimento e sobrevivência, pode-se concluir que as espécies com melhor desempenho foram: *Inga uruguensis*, *Croton urucurana* e *Croton floribundus*. Estas três espécies são nativas da região e características de estágios sucessionais iniciais.

O desempenho da espécie exótica *Pinus elliottii* var. *densa* em plantio puro, nas condições ambientais do local, foi bom em termos de crescimento. Porém, a sobrevivência foi muito baixa, inferior à da grande maioria das espécies nativas. Esta mesma espécie, em plantio puro efetuado em solos de cerrado no município de Assis, SP (DURIGAN & SILVEIRA, 1999) apresentou excelente resultado, superando todas as espécies nativas plantadas. As espécies de *Pinus*, em suas regiões de origem, ocorrem predominantemente em solos arenosos, ácidos e de baixa fertilidade, muito diferentes dos solos da área experimental, devendo ser esta, provavelmente, uma das causas do desempenho ruim desta espécie em relação às espécies nativas na área deste estudo.

TABELA 5. Sobrevivência e crescimento das espécies, aos doze meses e aos 10 anos após plantio de mata ciliar, em Tarumã/SP, em ordem decrescente de sobrevivência. H = altura média aos dez anos; DAP = diâmetro médio do tronco a 1,30m acima do nível do solo; S = Sobrevivência aos dez anos. h = altura média aos doze meses e s = sobrevivência aos 12 meses.

ESPÉCIE	h (m)	H (m)	DAP (cm)	s (%)	S (%)
<i>Inga uruguensis</i> Hook & Arnott	1,16	8,8	8,7	90,0	87,2
<i>Croton urucurana</i> Bail.	2,25	10,4	14,8	87,0	83,5
<i>Schinus terebinthifolius</i> Benth.	1,69	6,8	8,0	85,0	83,3
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez.	0,56	6,4	13,1	87,0	85,0
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	1,90	8,7	10,8	94,0	77,1
<i>Genipa americana</i> L.	0,64	7,1	6,9	80,0	75,0
<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth	0,65	7,1	4,7	90,0	75,0
<i>Casearia sylvestris</i> Sm.	0,72	5,6	4,4	70,0	70,0
<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Tol.	1,29	5,2	4,6	90,0	65,0
<i>Vitex montevidensis</i> Cham.	1,09	6,8	8,4	60,0	56,6
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	0,55	4,1	4,4	80,0	60,0
<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.	0,87	7,8	12,2	62,0	60,0
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub	1,72	8,8	9,7	67,0	53,3
<i>Chorisia speciosa</i> St. Hill.	1,31	4,8	7,2	90,0	45,0
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hass.	0,55	4,1	3,7	44,0	36,6
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	1,23	9,5	18,7	47,0	40,0
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.	1,19	5,6	4,4	34,0	31,6
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	0,47	6,0	6,9	59,0	31,6
<i>Pinus elliottii</i> Engelm var. <i>densa</i> Little & Dormann	0,83	10,4	13,2	63,0	30,6
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guill.	1,18	6,2	5,6	100,0	29,4
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.	1,62	10,1	15,2	70,0	30,0
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	0,60	4,5	3,4	45,0	25,0
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	0,58	5,9	12,5	14,0	12,0
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	1,34	8,0	12,2	29,0	20,0
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	0,62	3,1	3,8	40,0	15,0
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.	0,40	4,0	3,1	15,0	15,0
<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.	0,70	6,8	11,8	20,0	10,0
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) Smith & Downs.	0,93	1,6	-	67,0	5,0
<i>Cupania vernalis</i> Camb.	0,30	-	-	45,0	0

4.2. Análise comparativa dos diferentes modelos florestais testados

4.2.1. Regeneração natural

A área de amostragem como um todo, compreendendo os quatro módulos, apresentou uma densidade de 4.075 indivíduos em regeneração natural por hectare. Este valor é muito inferior à densidade de jovens em florestas naturais. ROLLET (1971) encontrou, em florestas densas da Amazônia venezuelana, 70.000 plântulas/ha. SOARES *et al.* (1994) levantaram 208.000 ind/ha com DAP < 5cm, em Lavras, MG; PASSOS (1998), em Mogi-Guaçu, encontrou 64.500 ind/ha com altura > 10cm e DAP < 5cm e GROMBONE-GUARATINI (1999) levantou 27.568 ind/ha com altura ≥ 50cm e < 4m e PAP < 15cm (PAP = Perímetro à altura do peito), em Campinas. Comparando-se com outras áreas plantadas, a densidade de plântulas encontradas é inferior também à densidade da regeneração natural encontrada por DURIGAN & DIAS (1990) sob mata ciliar 17 anos após o plantio, com 140.650 ind/ha (altura entre 5 e 200cm) ou PARROTA *et al.* (1997), que em reflorestamento misto de 10 anos efetuado em Porto Trombetas (PA), levantaram 28.800 ind/ha com altura < 2m.

Das 29 espécies utilizadas no plantio experimental, apenas 14 foram amostradas em regeneração dez anos após o plantio. Para as outras espécies, na maioria dos casos, os indivíduos ainda não iniciaram o processo reprodutivo e não é possível, portanto, avaliar seu potencial de regeneração. Dentre as 37 espécies em regeneração amostradas na área experimental (Tabela 4), apresentaram-se mais abundantes em número de indivíduos amostrados: *Cestrum calycinum* (295), *Tapirira guianensis* (129), *Cestrum sendtnerianum* (79), *Croton floribundus* (52), *Schinus terebinthifolius* (50), *Piper aduncum* (38) e *Ocotea puberula* (34), que somaram 677 indivíduos dos 815 encontrados nas parcelas de amostragem.

No outro extremo, *Allophylus edulis*, *Anadenanthera macrocarpa*, *Cedrela fissilis*, *Cupania vernalis*, *Eugenia* sp, *Holocalyx balansae*, *Myroxylon peruiferum*, *Peltophorum dubium*, *Piper glabratum*, *Psidium guayava*, *Tabebuia ochracea*, *Trichilia palida* e

Zanthoxylum rhoifolium, compuseram as espécies de mais baixas densidades nos quatro módulos, com um único indivíduo registrado em toda a área amostrada.

Os dados gerais de regeneração para os quatro módulos de plantio encontram-se na Tabela 6. As Tabelas 7, 8, 9 e 10 trazem os dados de cada um dos tratamentos: A, B, C e D, respectivamente.

TABELA 6: Densidade, riqueza (número de espécies na área amostral) e diversidade da regeneração natural em diferentes módulos de reflorestamento de mata ciliar, em Tarumã /SP.

MÓDULO	NÚMERO DE ESPÉCIES EM REGENERAÇÃO NATURAL	DENSIDADE DA REGENERAÇÃO NATURAL ind/ha	DIVERSIDADE H'
PLANTIO PURO DE PINUS	13	1480	1,98
PLANTIO PURO DE PIONEIRAS	20	2400	2,24
50% PIONEIRAS + 50% NÃO PIONEIRAS	20	2720	1,85
PLANTIO MISTO ALEATÓRIO	25	9700	2,09

TABELA 7. Espécies em regeneração natural sob plantio puro de espécies pioneiras (tratamento A), em recomposição de mata ciliar, Tarumã, SP.

Espécie	Número de indivíduos	Densidade relativa (%)	Densidade absoluta (ind/ha)
<i>Cestrum calycinnum</i>	48	40,0	960
<i>Ocotea puberula</i>	16	13,3	320
<i>Cestrum sendtnerianum</i>	8	6,7	160
<i>Schinus terebinthifolius</i>	7	5,8	140
<i>Cytharexylum myrianthum</i>	6	5,0	120
<i>Tabernaemontana hystrix</i>	6	5,0	120
<i>Croton floribundus</i>	4	3,3	80
<i>Matayba elaeagnoides</i>	3	2,5	60
<i>Sapium longifolium</i>	3	2,5	60
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	3	2,5	60
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	2	1,7	40
<i>Casearia sylvestris</i>	2	1,7	40
<i>Nectandra megapotamica</i>	2	1,7	40
<i>Tapirira guianensis</i>	2	1,7	40
<i>Michelia champaca</i>	2	1,7	40
<i>Myroxylon peruiferum</i>	1	0,8	20
<i>Peltophorum dubium</i>	1	0,8	20
<i>Piper aduncum</i>	1	0,8	20
<i>Psidium guayava</i>	1	0,8	20
<i>Tabebuia vellosi</i>	1	0,8	20
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	0,8	20
Total	120		2.400

TABELA 8. Espécies em regeneração natural sob plantio misto com 50% pioneiras + 50% não pioneiras (tratamento B), em recomposição de mata ciliar, Tarumã, SP.

Espécie	Número de indivíduos	Densidade relativa (%)	Densidade absoluta (ind/há)
<i>Cestrum calycinum</i>	74	54,4	1.480
<i>Schinus terebinthifolius</i>	17	12,5	340
<i>Ocotea puberula</i>	6	4,4	120
<i>Cestrum sendtnerianum</i>	5	3,7	100
<i>Tapirira guianensis</i>	5	3,7	100
<i>Nectandra megapotamica</i>	4	2,9	80
<i>Casearia sylvestris</i>	3	2,2	60
<i>Eugenia uniflora</i>	3	2,2	60
<i>Piper aduncum</i>	3	2,2	60
<i>Solanum granuloso leprosum</i>	3	2,2	60
<i>Tabernaemontana hystrix</i>	3	2,2	60
<i>Sapuim longifolium</i>	2	1,5	40
<i>Allophylus edulis</i>	1	0,7	20
<i>Croton floribundus</i>	1	0,7	20
<i>Croton urucurana</i>	1	0,7	20
<i>Guarea kunthiana</i>	1	0,7	20
<i>Holocalyx balansae</i>	1	0,7	20
<i>Matayba elaeagnoides</i>	1	0,7	20
<i>Piper amalago</i>	1	0,7	20
<i>Piper glabratum</i>	1	0,7	20
Total	136		2.720

TABELA 9. Espécies em regeneração natural sob plantio misto aleatório de espécies nativas (tratamento C), em recomposição de mata ciliar, Tarumã, SP.

Espécie	Número de indivíduos	Densidade relativa (%)	Densidade absoluta (ind/ha)
<i>Cestrum calycinum</i>	151	31,1	3.020
<i>Tapirira guianensis</i>	118	24,3	2.360
<i>Cestrum sendtnerianum</i>	66	13,6	1.320
<i>Piper aduncum</i>	29	6,0	580
<i>Schinus terebinthifolius</i>	26	5,4	520
<i>Croton floribundus</i>	24	4,9	480
<i>Cecropia pachystachya</i>	13	2,7	260
<i>Cytherexylum myrianthum</i>	13	2,7	260
<i>Ocotea puberula</i>	11	2,3	220
<i>Croton urucurana</i>	9	1,9	180
<i>Piper amalago</i>	4	0,8	80
<i>Tabernaemontana montana</i>	4	0,8	80
<i>Casearia sylvestris</i>	2	0,4	40
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	2	0,4	40
<i>Nectandra megapotamica</i>	2	0,4	40
<i>Sapum longifolium</i>	2	0,4	40
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	1	0,2	20
<i>Cedrela fissilis</i>	1	0,2	20
<i>Cupania vernalis</i>	1	0,2	20
<i>Eugenia sp</i>	1	0,2	20
<i>Eugenia uniflora</i>	1	0,2	20
<i>Guarea kunthiana</i>	1	0,2	20
<i>Solanum granuloso leprosum</i>	1	0,2	20
<i>Stenolobium stans</i>	1	0,2	20
<i>Trichilia palida</i>	1	0,2	20
Total	485		9.700

TABELA 10. Espécies em regeneração natural sob plantio puro de *Pinus* (tratamento D), em recomposição de mata ciliar, Tarumã, SP.

Espécie	Número de indivíduos	Densidade relativa (%)	Densidade absoluta (ind/ha)
<i>Croton floribundus</i>	23	31,1	460
<i>Cestrum calycinum</i>	22	29,7	440
<i>Piper aduncum</i>	5	6,8	100
<i>Croton urucurana</i>	4	5,4	80
<i>Tapirira guianensis</i>	4	5,4	80
<i>Cytherexylum myrianthum</i>	3	4,1	60
<i>Matayba elaeagnoides</i>	3	4,1	60
<i>Stenolobium stans</i>	3	4,1	60
<i>Nectandra megapotamica</i>	2	2,7	40
<i>Tabernaemontana hystrix</i>	2	2,7	40
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	1	1,4	20
<i>Ocotea puberula</i>	1	1,4	20
<i>Piper amalago</i>	1	1,4	20
Total	74		1.480

A densidade da regeneração natural sob o módulo de espécies pioneiras (tratamento A) foi a mais baixa entre todos os tratamentos envolvendo espécies nativas, com 2.400 indivíduos por hectare, pertencentes a 21 espécies (Tabela 7). As espécies em regeneração natural sob plantio puro de espécies pioneiras que mais se destacaram quanto à densidade foram: *Cestrum calycinum*, *Ocotea puberula*, *Cestrum sendtnerianum* e *Schinus terebinthifolius*. Apenas duas espécies (*Cestrum calycinum* e *Ocotea puberula*) corresponderam a 53% dos indivíduos em regeneração, evidenciando a baixa diversidade florística.

Por outro lado, chama a atenção o fato de ter sido baixa a densidade de regeneração de *Croton floribundus* e inexistir regeneração de *Croton urucurana*, já que todas as árvores plantadas neste módulo eram dessas duas espécies. Porém, ambas são heliófitas, pioneiras, tendo dificuldade de regenerar-se à sombra.

O plantio efetuado em linhas alternas de 50% pioneiras com 50% não pioneiras (tratamento B), apresentou 20 espécies em regeneração natural (Tabela 8), com uma densidade de 2.720 indivíduos por hectare. As espécies em regeneração natural que mais se

destacaram quanto à densidade relativa neste tratamento foram: *Cestrum calycinum* (54%) e *Schinus terebinthifolius* (12,5%).

Embora este tratamento fosse composto com 50% de espécies pioneiras (*Croton floribundus* e *Croton urucurana*), foi baixa a densidade de regeneração destas espécies, ambas com apenas um indivíduo amostrado. *Allophyllus edulis*, *Holocalyx balansae*, *Piper glabratum*, *Matayba elaeagnoides*, *Piper amalago* e *Guarea kunthiana* também apresentaram um único exemplar em processo de regeneração natural. Este tratamento apresentou um número elevado de espécies com baixo número de indivíduos. Dezoito das vinte espécies encontradas neste tratamento corresponderam a 33% dos indivíduos, sendo que as duas espécies restantes somaram 67% do total de indivíduos amostrados.

O plantio misto aleatório (tratamento C) foi o tratamento com a maior densidade de regeneração natural dentre os quatro módulos comparados (9.700 indivíduos por hectare). Do total de indivíduos levantados nos quatro módulos, 59,5% correspondiam a este módulo. *Cestrum calycinum*, *Tapirira guianensis* e *Cestrum sendtnerianum* foram as espécies com maior densidade relativa na comunidade: 31,1%, 24,3% e 13,6%, respectivamente. O plantio misto aleatório também se mostrou como sendo o módulo com a maior riqueza de espécies, totalizando 25 espécies (Tabela 9), contra 13 do plantio puro de *Pinus*, 20 do plantio composto por 50% pioneiras e 50% não pioneiras plantadas em linhas alternas e 21 espécies sob o plantio puro de pioneiras.

O tratamento com menor taxa de regeneração natural entre os quatro modelos florestais estudados foi o plantio puro de *Pinus* (tratamento D), com 1480 indivíduos por hectare (Tabela 10). Este tratamento foi também o que apresentou menor riqueza de espécies em regeneração natural. Foram amostradas neste módulo 13 espécies, sendo as mais abundantes: *Croton floribundus* (31,1%) e *Cestrum calycinum* (29,7%). A elevada densidade de regeneração natural de *Croton floribundus* neste tratamento deve estar associada às clareiras existentes nas parcelas, decorrentes da baixa sobrevivência e da morte de árvores em “reboleiras”.

Comparando-se os diferentes módulos de plantio com base na densidade e riqueza de regeneração natural (Tabela 6), verifica-se que quanto maior a diversidade da floresta

plantada, maior a densidade e a riqueza da regeneração natural. Este resultado, embora preliminar e merecendo análises mais detalhadas, indica que, para a formação de florestas que possam se perpetuar rapidamente por regeneração natural, plantios de alta diversidade de espécies nativas são mais promissores do que modelos que priorizam espécies de rápido crescimento ou exóticas.

A importância da diversidade do plantio é ressaltada por LOHMANN (1994), que afirma que “o sucesso do reflorestamento será determinado parcialmente pela ocorrência de maior número de espécies diferentes e pela sua adaptação nessas áreas”.

Embora tenham sido constatadas grandes diferenças na densidade e na riqueza (número de espécies) da regeneração natural, os índices de diversidade encontrados (Tabela 6) foram semelhantes entre os módulos de plantio. Isso é explicado porque para os tratamentos com maior riqueza e densidade, algumas poucas espécies reuniam a grande maioria dos indivíduos. Os valores encontrados são baixos em comparação com florestas naturais da região. Porém, são semelhantes aos poucos valores disponíveis na literatura para estratos inferiores. Em florestas naturais, ROZZA (1997) encontrou para estrato inferior ($DAP \leq 15$ cm e altura $\geq 1,30$ m), $H' = 1,59$ em Matão, SP; DURIGAN *et al.* (2000) encontraram para o estrato inferior $H' = 2,01$, na Estação Ecológica dos Caetetus, em Gália, SP. Analisando a diversidade da regeneração sob plantios de recomposição da mata ciliar, MALUF (2000) encontrou, no Pontal do Paranapanema, valores superiores aos obtidos neste estudo: $H' = 3,03$ em reflorestamento de dez anos, $H' = 2,45$ em área de nove anos e $H' = 2,18$ em área de cinco anos. Ressalva deve ser feita neste caso, pois o número de indivíduos amostrados pela autora foi pequeno, favorecendo a elevação dos índices de diversidade.

Não foi observada correlação entre riqueza e diversidade da regeneração natural (Tabela 6). Como há grande discrepância no tamanho relativo das populações, o grande número de indivíduos de poucas espécies induz a baixos índices de diversidade de modo geral, para todos os módulos de plantio.

Quanto à tolerância à sombra verifica-se que, em número de indivíduos, há predominância absoluta de espécies tolerantes. Porém, há espécies intolerantes com um ou poucos indivíduos em regeneração.

4.2.2. Similaridade florística

As análises de similaridade efetuadas encontram-se na Tabela 11.

TABELA 11. Similaridade florística entre a área experimental e florestas naturais da região e outros plantios experimentais de recomposição de mata ciliar. Cj = índice de similaridade de Jaccard.

Elementos de comparação	Cj (%)
Fragmento remanescente X plantio	16,3
Fragmento remanescente X regeneração natural	34,7
Plantio X regeneração natural	26,9
Fragmento remanescente X plantio + regeneração natural	34,9
Plantio + regeneração natural X E. E. Assis (DURIGAN & LEITÃO FILHO1995)	7,1
Plantio + regeneração natural X faz. Berrante (DURIGAN & LEITÃO FILHO1995)	16,1
Plantio + regeneração natural X E. E. Marília (DURIGAN & LEITÃO FILHO1995)	18,7
Plantio + regeneração natural X faz. S. Luís (DURIGAN & LEITÃO FILHO1995)	23,7
Plantio + regeneração natural X Pontal do Paranapanema (MALUF 2000)	15,5
Plantio + regeneração natural X St. Cruz das Palmeiras (GISLER 2000)	8,9
Regeneração natural sob <i>Pinus</i> X fragmento remanescente	14,9
Regeneração natural sob Pioneiras X fragmento remanescente	21,4
Regeneração natural sob 50% pioneiras + 50% não pioneiras X fragmento remanescente	20,0
Regeneração natural sob plantio misto aleatório X fragmento remanescente	23,6

Segundo MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG (1974), considera-se que existe similaridade florística entre duas áreas, somente quando os valores obtidos ultrapassam 25%. Consideram-se elevados valores superiores a 25%. É, portanto, similar a regeneração natural e o fragmento vizinho, também há similaridade entre as espécies plantadas e a regeneração natural e entre as espécies da área experimental como um todo (plantadas e em regeneração) e o fragmento natural.

Porém, comparando-se a regeneração natural em cada um dos tratamentos com o fragmento natural, verifica-se que nenhum ultrapassou o limite de 25%. Dentre os tratamentos, o que mais se assemelhou ao fragmento natural foi o plantio misto aleatório

(23,6%), seguido do plantio puro de pioneiras (21,4%), 50% pioneiras + 50% não pioneiras (20,0%) e, por último, o plantio de *Pinus* (14,9%).

Dentre as matas ciliares da região (DURIGAN & LEITÃO FILHO 1995), a maior similaridade foi obtida entre a área experimental e a floresta da fazenda São Luís. Ambas as áreas encontram-se sobre o mesmo tipo de solo, podendo ser esta a razão para a maior similaridade. A comparação da área experimental com outros plantios (GISLER, 2000 e MALUF, 2000), também resultou em baixa similaridade. A grande diferença nas espécies plantadas e a distância entre as áreas experimentais podem levar à baixa similaridade encontrada.

4.2.3. Estrutura da floresta formada

Analisando-se as características estruturais da floresta formada apresentadas na Tabela 12, verifica-se que a sobrevivência dos indivíduos nas parcelas dez anos após o plantio não foi muito diferente entre tratamentos. As altas taxas de mortalidade podem estar associadas à alta densidade de plantio (2.222 ind/ha). Supõe-se que haja uma tendência provável de estabilização em torno do valor observado de densidade da floresta natural (900 ind/ha).

A área basal também foi semelhante entre os módulos de plantio (cerca de 25m²/ha). Porém, todos os valores encontram-se muito abaixo do valor encontrado para o fragmento natural vizinho, com 39m²/ha. Em matas ciliares da região, DURIGAN (1994) encontrou os seguintes valores: 23,66m²/ha, na fazenda São Luís e 27,00m²/ha, na fazenda Berrante.

A altura média dos indivíduos foi maior no *Pinus* e nas pioneiras, em relação aos mistos em comparação com a floresta natural. Porém, a altura máxima de 20m no fragmento natural superou todos os tratamentos, que variaram de 14 a 16m.

Na análise dos diâmetros médios, destaca-se o plantio puro de *Pinus* em relação aos outros tratamentos. Porém, mesmo o *Pinus* apresentou diâmetro médio inferior ao fragmento.

Esses resultados indicam que, aos dez anos, nenhum dos módulos atingiu a estrutura da floresta natural, especialmente no que diz respeito à altura e área basal, que reflete a biomassa da floresta.

As diferenças estruturais podem ser visualizadas pelos diagramas de perfil para os diferentes tratamentos (Figuras 2 a 6) e através dos gráficos de distribuição dos indivíduos por classes de altura (Figuras 7, 8, 9, 10 e 11) e DAP (Figuras 12, 13, 14, 15 e 16).

TABELA 12 Características estruturais da floresta nos diferentes módulos de plantio e no fragmento natural remanescente.

TRATAMENTO	SOBREVIVÊNCIA (%)	ÁREA BASAL (m ² /ha)	ALTURA MÉDIA (m)	DENSIDADE (ind≥5cm/ha)	ALTURA MÁXIMA (m)	DENSIDADE (ind/ha)	DAP MÉDIO (cm)	DAP MÁXIMO (cm)
Plantio puro de <i>Pinus</i>	55,5	27,2	11,4	1000	16	1220	15,8	32
100% pioneiras	64,5	24,9	10,7	1340	14	1420	10,6	27
50% pioneiras + 50% não pioneiras	55,5	24,7	8,7	1000	16	1220	10,0	55
Plantio misto aleatório	64,5	26,2	7,6	1220	15	1420	10,5	38
Fragmento natural	-	39,0	9,7	900	20	900	17,6	70

FIGURA 2 - Diagrama de perfil (20x5m) do plantio puro com espécies pioneiras (Tratamento A). 1 – *Croton urucurana*; 2 – *Croton floribundus*.

FIGURA 3 - Diagrama de perfil da floresta (20x5m) no plantio com 50% de pioneiras + 50% não pioneiras (Tratamento B). 1 – *Croton urucurana*; 2 – *Croton floribundus*; 3 – *Casearia sylvestris*; 4 – *Genipa americana*; 5 – *Vitex montevidensis*; 6 – *Peltophorum dubium*; 7 – *Poecilanthe parviflora*.

FIGURA 4 - Diagrama de perfil da floresta (20x5m) no plantio misto aleatório (Tratamento C). 1 – *Croton urucurana*; 2 – *Casearia gossypiosperma*; 3 – *Vitex montevidensis*; 4 – *Tabebuia heptaphylla*; 5 – *Anadenanthera macrocarpa* – *Chorisia speciosa*; 7 – *Cupania vernalis*; 8 – *Peltophorum dubium*; 9 – *Bauhinia longifolia*; 10 – *Enterolobium contortisiliquum*.

FIGURA 5 - Diagrama de perfil da floresta (20x5m) no plantio puro de *Pinus elliottii* var. *densa* (Tratamento D).

FIGURA 6 - Diagrama de perfil da floresta (20x5m) no fragmento natural remanescente (tratamento E). 1 - *Aspidosperma polyneuron*; 2 - *Cordia trichotoma*; 3 - *Guarea kunthiana*; 4 - *Balfourodendron riedelianum*; 5 - *Diatenopteryx sorbifolia*; 6 - *Myroxylon peruiferum*; 7 - *Pilocarpus pennatifolius*; 8 - *Acacia polyphylla*; 9 - *Casearia gossypiosperma*.

FIGURA 7. Classes de altura no plantio puro de pioneiras, Tarumã, SP.

FIGURA 8. Classes de altura no plantio de 50% pioneiras + 50% não pioneiras, Tarumã, SP.

FIGURA 9. Classes de altura no plantio misto aleatório, Tarumã, SP.

FIGURA 10. Classes de altura no plantio puro de *Pinus*, Tarumã, SP.

FIGURA 11. Classes de altura no fragmento natural, Tarumã, SP.

FIGURA 12. Classes de DAP no plantio puro de pioneiras, Tarumã, SP.

FIGURA 13. Classes de DAP no plantio de 50% pioneiras + 50% não pioneiras, Tarumã, SP.

FIGURA 14. Classes de DAP no plantio misto aleatório, Tarumã, SP.

FIGURA 15. Classes de DAP no plantio puro de *Pinus*, Tarumã, SP.

FIGURA 16. Classes de DAP no fragmento natural , Tarumã, SP.

4.2.4. Luminosidade

A avaliação da cobertura da vegetação¹ efetuada nos quatro módulos experimentais com auxílio de lente hemisférica (Tabela 13) mostrou uma correlação inversa entre a densidade da regeneração natural e luminosidade apresentada nestes módulos, para os plantios que envolveram espécies nativas. Na Figura 17 é apresentado um exemplo (tratamento C) das fotos obtidas.

FIGURA 17. Fotografia Hemisférica efetuada no tratamento C (plantio misto aleatório), em Tarumã SP, A = antes e B = após o processamento digital.

¹obteve-se este valor, aqui denominado cobertura, subtraindo-se de 100% o valor obtido para abertura do dossel pelo *software* HEMIPHOT. Esse cálculo foi efetuado para se facilitar a comparação com outros métodos de determinação de cobertura.

Para todos os parâmetros de luminosidade avaliados, a floresta natural tem menor quantidade de luz sob o dossel do que os módulos de plantio. Isso traduz a maior complexidade do dossel, com árvores mais altas, emergentes, formando camadas de obstrução à luz.

O plantio envolvendo somente pioneiras (tratamento A) apresentou uma cobertura média de 44.5%, com densidade de 2.400 indivíduos em regeneração por hectare. O plantio efetuado em linhas alternas com 50% pioneiras e 50% não pioneiras (tratamento B), teve cobertura média de 56.6% e densidade de 2.720 indivíduos por hectare. O módulo de reflorestamento envolvendo aleatoriamente espécies nativas (tratamento C), apresentou uma cobertura de 62.5% e a maior regeneração natural dentre os quatro módulos, com uma densidade de 9.700 indivíduos por hectare.

O plantio puro de *Pinus* (tratamento D), apresentou uma cobertura de copas de 61.3%, ficando à frente de dois outros módulos efetuados com plantio de nativas. Embora a cobertura vegetal do reflorestamento efetuado com *Pinus* tenha sido superior a estes dois módulos, a regeneração natural sob *Pinus* teve uma densidade de 1.480 indivíduos por hectare, ou seja, foi a menor densidade apresentada dos quatro módulos de reflorestamento analisados, demonstrando que outros fatores e não só a cobertura vegetal e taxas de luminosidade interferem na regeneração natural.

A cobertura obtida no fragmento de floresta natural remanescente (tratamento E), foi de 77,7%, demonstrando que os módulos de plantio ainda não atingiram o nível de cobertura de copas da floresta natural, ou seja, dez anos não foram suficientes para que nenhum dos módulos plantados exercesse, sobre o terreno, a proteção oferecida pela floresta natural. Os módulos que mais se aproximaram daquele valor foram o plantio misto aleatório, com 62,5% de cobertura (180°) e o *Pinus* com 61,3%.

A correlação inversa entre luminosidade e densidade da regeneração, foi constatada também por MARTINS (1999), na reserva municipal de Santa Genebra, quanto a espécies tardias em estudo de clareiras em floresta natural estacional semidecidual. Porém, há que se considerar que todos os módulos de plantio, ainda jovens, permitem entrada de luz muito maior do que a floresta natural, funcionando como clareiras. A maior entrada de luz leva à

proliferação de gramíneas invasoras, competidores agressivos capazes de prejudicar consideravelmente a regeneração natural. É possível que a maior densidade da regeneração esteja associada à eliminação de gramíneas pelo sombreamento nos tratamentos em que a luminosidade é menor.

TABELA 13. Dados de luminosidade nos diferentes módulos de recomposição de mata ciliar e em fragmento florestal remanescente, Tarumã, SP. DSF = fator do sítio indireto, ISF = fator do sítio direto, TSF = fator total do sítio, RFR = proporção de luz vermelha/infravermelha e LAI = interceptação de luz pelas folhas.

	PARÂMETROS	PLANTIO PURO DE PIONEIRAS	50% PIONEIRAS + 50% NÃO PIONEIRAS	PLANTIO MISTO ALEATÓRIO	PLANTIO PURO DE PINUS	FRAGMENTO NATURAL
	% Cobertura 180°	45.5	56.6	62.5	61.3	77.7
	% Cobertura 45°	18.9	40.7	48.7	50.2	62.3
Mol/m ² /dia	Luz direta acima do dossel	40.65	40.65	40.65	40.65	40.65
	Luz difusa acima do dossel	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10
	Luminosidade total acima do dossel	46.75	46.75	46.75	46.75	46.75
	Luz direta abaixo do dossel	31.09	22.06	21.32	21.85	13.81
	Luz difusa abaixo do dossel	4.40	3.20	2.85	2.85	1.97
	Luminosidade total abaixo do dossel	35.50	25.39	24.17	24.70	15.78
	DSF	0.76	0.54	0.52	0.54	0.34
	ISF	0.72	0.53	0.47	0.47	0.32
	TSF	0.76	0.54	0.52	0.53	0.34
	RFR	1.20	1.18	1.19	1.20	1.17
	LAI	0.49	0.87	0.97	0.93	1.53

4.2.5. Cobertura do dossel e espécies invasoras

A Tabela 14 apresenta os valores de cobertura para os diferentes tratamentos, estimados com três métodos diferentes e a cobertura (%) de gramíneas invasoras nas parcelas, buscando associá-las à densidade da regeneração natural.

Os valores estimados a partir do diâmetro médio das copas são discrepantes dos valores obtidos pelas fotos hemisféricas ou pelo densiômetro. Essa diferença é compreensível, uma vez que o primeiro método desconsidera a densidade das copas, ou seja, a capacidade de interceptar a luz solar. Assim, este método é adequado para caracterizar a superposição de copas ou a complexidade do dossel, que foi maior no plantio misto aleatório, até mesmo em comparação com a floresta natural.

Os valores gerados pelo densiômetro e pelas fotos hemisféricas são correspondentes para as florestas de nativas.

Porém, o resultado obtido para o *Pinus* com estes dois métodos, em comparação com os outros tratamentos, é muito diferente. Provavelmente, a completa diferença no formato das copas e no formato das folhas leva às diferenças entre os resultados obtidos pelos dois equipamentos.

A densidade da regeneração natural apresentou correlação direta com a cobertura das copas determinada pelo densiômetro.

A cobertura do piso por gramíneas invasoras apresentou correlação inversa com a cobertura das copas. Ou seja: quanto maior a luminosidade, mais abundantes são as gramíneas invasoras e menor a densidade da regeneração natural.

TABELA 14. Cobertura do dossel estimada por três métodos diferentes, cobertura do piso por gramíneas e regeneração natural em plantio experimental de mata ciliar, Tarumã, SP.

TRATAMENTO	Cobertura Lente hemisférica (%)	Cobertura densiômetro (%)	Projeção das copas (%)	Cobertura do piso por gramíneas invasoras (%)	Densidade da regeneração natural (ind/ha)
Plantio puro de <i>Pinus</i>	61,3	57,0	119	100,0	1480
100% pioneiras	45,5	57,0	274	94,0	2400
50% pioneiras + 50% não pioneiras	56,6	67,0	234	54,0	2720
Plantio misto aleatório	62,5	76,0	348	46,5	9700
Fragmento natural	77,7	80,0	227	-	-

4.2.6. Produção e características químicas do folheto

Os diferentes módulos de plantio e o fragmento florestal apresentaram comportamento diferente em relação à deposição de folheto, tanto em quantidade (Figura 23) como em sazonalidade (Figuras 18 a 22).

A quantidade de folheto depositado ao longo do ano pelo tratamento puro efetuado com *Pinus* foi de 11,9 t/ha, a maior dentre todos os tratamentos. No outro extremo está o plantio puro efetuado com espécies pioneiras, cuja deposição de folheto foi a menor, com 8,32 t/ha. O tratamento com 50% pioneiras + 50% não pioneiras, plantadas em linhas alternas, apresentou deposição de 10,7 t/ha, o plantio misto efetuado com espécies nativas de forma aleatória depositou 10,5 t/ha e o fragmento natural, 10,2 t/ha.

Em comparação com outras florestas, os valores obtidos para os plantios mistos são semelhantes os valores encontrados aos valores encontrados por DURIGAN *et al.*

(1996) em Marília (8,8t/ha no solo úmido e 11,1t/ha no solo seco) e em Tarumã (9,7t/ha, em matas ciliares nativas e também semelhantes ao valor obtido por SANTOS (1998), em mata ciliar plantada (9,6t/ha), em Campinas.

Os modelos de plantios mistos com nativas pioneiras e não pioneiras (tratamentos B e C), apresentaram deposição muito semelhante à floresta natural.

Com relação à sazonalidade (Figuras 18 a 22), verifica-se que todos os tratamentos, com exceção do plantio puro com pioneiras, tiveram sua máxima deposição foliar no mês de setembro, mês em que o déficit hídrico deve ser mais acentuado em decorrência da baixa precipitação durante o inverno (Figura 24). Em resposta à falta de água, as árvores derrubam suas folhas para reduzir as perdas por evapotranspiração. As oscilações sazonais em quantidade mensal de folheto depositado também foram diferentes entre tratamentos.

Verifica-se que o plantio misto aleatório com essências nativas apresenta curva muito semelhante à floresta natural, com pico no auge da estação seca. O plantio puro de espécies pioneiras, ao contrário, apresenta maior deposição nos meses chuvosos, que devem ser os meses de maior produtividade. É possível que o processo de troca de folhas seja muito rápido para espécies pioneiras e que, por isso, a queda de folhas seja maior no período de maior crescimento vegetativo.

O plantio com 50% pioneiras + 50% não pioneiras apresenta uma curva intermediária entre as duas anteriores, com dois picos de deposição: um primeiro, provocado pela perda de folhas das pioneiras de janeiro a março e um segundo, relacionado com o déficit hídrico, de agosto a outubro.

A deposição de folheto sob a floresta de *Pinus* não apresenta correlação aparente com a precipitação.

O tratamento envolvendo espécies pioneiras foi o que apresentou menor amplitude de variação mensal quanto à perda foliar, sendo a mínima 9,2g/coletor em outubro e a máxima de 25,4g/coletor em fevereiro. Por outro lado, com a maior variação ficou o fragmento natural, com 10,8g/coletor em maio e 43,4g/coletor em setembro.

O tratamento puro de *Pinus* apresentou instabilidade na curva de deposição folheto, sendo difícil a visualização de um padrão estacional definido.

Quando se analisa a composição química do folheto depositado (Tabela 15 e Figuras 25 e 26), verifica-se que o módulo com plantio puro de *Pinus* produz folheto com baixa concentração de nutrientes, muito inferior aos outros módulos. A grande quantidade de folheto depositado perde importância, portanto, já que em quantidade de nutrientes por área o *Pinus* é inferior (Tabela 16). Baixa foi também a concentração de nutrientes no folheto depositado pelo plantio puro de espécies pioneiras, refletindo a baixa capacidade dessas espécies em absorver nutrientes, em comparação com as espécies de estágios sucessionais mais avançados. Vale ressaltar ainda que, com exceção de Mn, Zn e P, a concentração de nutrientes no folheto depositado pela floresta natural é muito superior a todos os módulos de plantio.

Comparando-se o retorno de nutrientes pelos diferentes modelos de plantio com os resultados apresentados por PAGANO & DURIGAN (1996), verifica-se que o plantio puro de *Pinus* se comporta de modo semelhante à mata ciliar em domínio de cerrado, com baixos valores de retorno, especialmente para macronutrientes. O fragmento natural apresentou quantidades de nutrientes retornados ao solo muito semelhantes à da mata ciliar da fazenda Berrante, próxima da área de estudo.

TABELA 15. Análise química do folheto depositado por diferentes tratamentos em plantio de recomposição da mata ciliar e em floresta natural, Tarumã, SP.

TRATAMENTO	MACRONUTRIENTES g kg ⁻¹						MICRONUTRIENTES mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
A = plantio puro de pioneiras	13	1,6	5	7	5,1	1,5	29	10	639	510	31
B = 50% pioneiras + 50% não pioneiras	14	1,5	4	17	3,9	1,5	35	19	979	460	23
C = plantio misto aleatório	15	1	7	17	4,4	1,5	38	11	672	522	36
D = plantio puro de pinus	8	0,7	3	10	2,6	0,7	20	5	547	383	22
E = fragmento natural	21	0,8	12	17	5	2,3	65	14	729	277	19

TABELA 16. Retorno de nutrientes ao solo através de folheto (macronutrientes e micronutrientes) nos cinco diferentes tratamentos, em mata ciliar plantada e em fragmento natural remanescente, Tarumã, SP.

TRATAMENTO	MACRONUTRIENTES kg/ano						MICRONUTRIENTES g/ano				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
A = plantio puro de pioneiras	108,2	13,3	41,6	58,3	42,5	12,5	241,4	83,2	5.318,5	4.244,8	258,0
B = 50% pioneiras + 50% não pioneiras	163,5	17,5	46,8	198,7	45,6	17,5	408,9	222,0	11.437,9	5.374,3	268,7
C = plantio misto aleatório	156,9	10,5	73,2	177,8	46,2	15,7	397,5	115,1	7.028,6	5.459,7	376,5
D = plantio puro de pinus	95,9	8,4	36,0	119,9	31,2	8,4	239,7	59,9	6.556,1	4.590,5	263,7
E = fragmento natural	213,8	8,1	122,8	173,1	51,0	23,4	661,8	142,5	7.421,8	2.820,1	193,4

FIGURA 18. Produção de folheto em plantio de mata ciliar ao longo do ano: tratamento A (plantio puro de pioneiras), Tarumã, SP.

FIGURA 19. Produção de folheto em plantio de mata ciliar ao longo do ano: tratamento B (50% pioneiras + 50% não pioneiras), Tarumã SP.

FIGURA 20. Produção de folheto em plantio de mata ciliar ao longo do ano: tratamento C (plantio misto aleatório), Tarumã SP.

FIGURA 21. Curva de produção de folheto em plantio de mata ciliar ao longo do ano: tratamento D (plantio puro de *Pinus*), Tarumã, SP.

FIGURA 22. Produção de folheto ao longo do ano: tratamento E (fragmento natural), Tarumã, SP.

FIGURA 23. Produção anual de folheto em diferentes modelos florestais, Tarumã, SP.

FIGURA 24. Precipitação pluviométrica durante o período de coleta de folheto em plantio de mata ciliar, no município de Tarumã, SP.

FIGURA 25. Deposição anual de macronutrientes (kg/ha) nos diferentes tratamentos: A-100% pioneiras; B- 50% pioneiras + 50% não pioneiras; C-plantio misto aleatório; D- Plantio puro de *Pinus* e E- Fragmento natural

FIGURA 26. Deposição anual de micronutrientes (g/ha) nos diferentes tratamentos: A-100% pioneiras; B- 50% pioneiras + 50% não pioneiras; C-plantio misto aleatório; D- Plantio puro de *Pinus* e E- Fragmento natural

4.2.7. Características químicas do solo superficial

Verificou-se, a partir dos resultados da análise química do solo superficial (Tabela 17), que há diferenças consideráveis entre os módulos de plantio e destes com a floresta natural.

Destaca-se a maior acidez e baixa concentração de nutrientes sob a floresta de *Pinus* e, no outro extremo, maior fertilidade no solo sob a floresta natural. Há uma correlação entre quantidade de nutrientes devolvidos pelo folheto e a quantidade desses nutrientes no solo superficial, como se verifica analisando-se conjuntamente as Tabelas 16 e 17.

Desta análise, conclui-se que a camada superficial do solo sofre grande influência das árvores que compõem a floresta e da forma como essas árvores retiram os nutrientes das camadas mais profundas do solo e depositam na superfície.

A floresta natural e os plantios mistos com espécies nativas parecem funcionar de modo semelhante, enriquecendo o solo.

O *Pinus*, no entanto, torna o solo mais ácido, reduz a CTC (capacidade de troca de cátions) e, provavelmente, dificulta a regeneração das espécies nativas.

TABELA 17. Características químicas do solo superficial em plantio de mata ciliar e em fragmento natural, Tarumã, SP.

Tratamento	(%)	g/dm ³	mmol/dm ³							mg/dm ³				
	V	M.O.	SB	CTC	pH	Al	K	Ca	Mg	P	Cu	Fe	Mn	Zn
A = plantio puro de pioneiras	83,4	40	105,2	126,2	5,6	21	10,2	57	38	20	16,2	23	125,1	1,5
B = 50% pioneiras + 50% não pioneiras	77,4	45	85,6	110,6	5,3	25	2,6	47	36	13	16,1	33	164,5	1,6
C = plantio misto aleatório	80,3	39	89,8	111,8	5,5	22	10,8	46	33	18	14,2	27	146,1	1,1
D = plantio puro de pinus	69,8	37	60,2	86,2	5,1	26	2,2	35	23	10	16,9	30	169,0	0,9
E = fragmento natural	89,6	76	154,4	172,4	5,9	18	6,4	101	47	22	9,6	31	161,8	4,7

4.3. Indicadores de restauração

Todos os parâmetros e métodos utilizados para avaliar os modelos florestais testados foram analisados quanto à sua aplicabilidade e precisão. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 18.

TABELA 18. Indicadores e critérios utilizados para avaliar o plantio de restauração de mata ciliar em Tarumã, SP. F = Facilidade de aplicação; I = Facilidade de interpretação dos resultados; R = Rapidez de obtenção de resultados; E = Exigência de equipamento sofisticado; P = Precisão; Q = Qualidade como indicador de restauração, C = Correlação com a floresta natural e T = soma dos pontos.

INDICADOR	MEDIÇÃO	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO							
		F	I	R	E	P	Q	C	T
Riqueza do plantio	nº de espécies existentes (plantadas)	2	3	2	3	2	2	1	15
Densidade da floresta	ind/ha (DAP > 5cm) (vivos)	2	3	2	2	2	3	2	16
Sobrevivência	% do plantio	1	3	2	3	2	2	0	13
Cobertura das copas	Área de copas/área do terreno (%)	1	2	1	2	0	2	2	10
	% de pontos cobertos (densiômetro)	2	3	2	2	2	3	3	18
	% de interceptação da luz (lente hemisférica)	0	0	0	0	2	3	3	8
Área basal	m ² /ha	2	2	1	2	2	3	3	15
Altura média	m	2	2	2	2	2	1	1	12
Altura máxima (árvores emergentes)	m	3	3	3	2	3	2	2	18
Densidade da regeneração natural	ind/ha (altura > 50 cm)	2	2	2	2	2	3	2	15
Riqueza da regeneração natural	nº de espécies	2	2	2	3	2	2	2	15
Diversidade da regeneração natural	H'	1	1	1	2	2	1	1	9
Deposição do folheto	kg/ha/ano	0	2	0	1	2	3	3	11

Quase todos os parâmetros avaliados (exceção de sobrevivência) devem ser analisados em comparação com florestas naturais situadas em condições ambientais (solo e clima) semelhantes às da área plantada. Este critério é válido especialmente para plantios mais antigos.

Pode-se adotar como critério genérico, para todos estes parâmetros, a semelhança com a floresta natural, que é o ideal a ser atingido, e que se adotou neste estudo.

Dentre os indicadores utilizados, considera-se que sejam os melhores em qualidade da informação: a densidade, a área basal, a altura máxima do dossel, a deposição de folheto e a interceptação de luz da floresta plantada, além da densidade e riqueza da regeneração natural. A interceptação de luz pode exigir equipamentos caros e de difícil manuseio, como a lente hemisférica, ou equipamentos mais simples, como o densiômetro, que pode produzir resultados igualmente precisos e sua operação é muito fácil.

A produção de folheto apresenta o inconveniente de exigir medições a longo prazo, além de equipamento para secar e pesar o material.

As avaliações de riqueza podem esbarrar na identificação das espécies, principalmente da regeneração natural. No entanto, são bons indicadores em qualidade de informação.

Para a definição de critérios e indicadores adequados como norma para avaliação de plantios de restauração é recomendável que se escolham aqueles de mais fácil aplicação. Também é preciso considerar que um indicador pode ser bom para um plantio jovem (por exemplo, a projeção das copas ou a sobrevivência), mas não indicados para plantios antigos e vice-versa.

5. CONCLUSÕES

Observaram-se diferenças consideráveis no crescimento e sobrevivência após dez anos entre as 29 espécies plantadas, que podem ser agrupadas em: espécies com alta sobrevivência e crescimento rápido (*Inga uruguensis*, *Croton urucurana*, *Schinus terebinthifolius* e *Nectandra megapota mica*); espécies com baixa sobrevivência e crescimento rápido (*Pinus elliottii* var. *densa*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Anadenanthera macrocarpa* e *Tapirira guianensis*); espécies com alta sobrevivência e crescimento lento (*Casearia sylvestris*, *Tabebuia heptaphylla* e *Copaifera langsdorffii*) e espécies com sobrevivência baixa e crescimento lento (*Cedrela fissilis*, *Myroxylon peruiferum*, *Sebastiania commersoniana* e *Cupania vernalis*).

Constataram-se diferenças estruturais entre os diferentes módulos florestais e em comparação com a floresta natural. Os plantios puros (de pioneiras ou *Pinus*) resultaram em homogeneidade de formas (DAP e altura), com estratificação simplificada, enquanto os plantios com espécies nativas resultaram em florestas com estratificação mais complexa. Não houve diferenças consideráveis em diversidade, área basal e altura máxima entre os módulos. Porém, todos os modelos plantados diferiram da floresta natural, indicando que dez anos não foram suficientes para reconstrução da estrutura florestal para nenhum dos tratamentos.

Foram amostradas espécies florestais em regeneração sob todos os módulos de plantio.

O número de espécies e a densidade de plantas em regeneração natural foram diretamente proporcionais ao número de espécies plantadas. Houve correlação inversa entre densidade e riqueza da regeneração natural e a luminosidade sob o dossel para os módulos plantados com essências nativas. Por outro lado, houve correlação direta entre luminosidade e cobertura do piso por gramíneas exóticas.

A maior parte das espécies em regeneração (62%), não correspondeu às espécies plantadas há dez anos. Predominaram espécies zoocóricas, possivelmente oriundas de fragmentos naturais remanescentes nos arredores da área experimental.

Houve diferenças entre os módulos quanto à quantidade de folheto depositado. A maior deposição foi proporcionada pelo plantio puro de *Pinus* e a menor pelo plantio puro de pioneiras. As curvas de deposição ao longo do ano foram semelhantes para os plantios mistos com nativas e a floresta natural, com pico em setembro. Os plantios puros de pioneiras e de *Pinus* fugiram a este padrão.

As diferentes combinações de espécies resultaram em diferentes concentrações de nutrientes no folheto depositado, resultando em variações importantes no retorno de nutrientes ao solo. A floresta de *Pinus* apresentou a menor concentração para todos os macronutrientes.

As camadas superficiais do solo apresentaram-se com grandes diferenças entre tratamentos. O solo sob a floresta de *Pinus* mostrou-se mais ácido e com disponibilidade de nutrientes muito inferior à dos módulos plantados com espécies nativas e à da floresta natural.

Quando se busca a restauração da mata ciliar em sua estrutura e funcionamento, conclui-se que, entre os modelos florestais testados o que mais se aproximou do fragmento natural foi o plantio misto aleatório com espécies nativas.

Entre os indicadores empregados para avaliar os modelos de plantio, aos dez anos, considera-se que os melhores, em eficácia e aplicabilidade, foram a densidade, a área basal, a altura máxima das árvores plantadas e a cobertura da floresta plantada (tomada com o densiômetro), associados à densidade e riqueza da regeneração natural.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, A. N. 1997. Ants as indicators of restoration success: relationship with soil microbial biomass in the Australian seasonal tropics – Ecology. **Restoration Ecology** 5(2):115-124.
- ASHTON, P. M. S.; GAMAGE, S.; GUNATILLEKE, I. A. U. N. & GUNATILLEKE, C. V. S. 1997. Restoration of a Sri Lankan rain forest: using caribbean pine *Pinus caribaea* as a nurse for establishing late successional tree species. **Journal of Applied Ecology** 34:915-925.
- ATALA, F. BANDEIRA, C. M. MARTINS, H. F. & COIMBRA FILHO, A. F. 1966. **Floresta de Tijuca**. Centro de Conservação da Natureza / Artes gráficas Gomes de Souza. Rio de Janeiro 152p.
- BAKER, S. E. 1984. **The development, current use and effectiveness of streamside buffer zones in precluding sediment delivery to forest streams**. North Caroline State University. (MS Thesis).
- BARBOSA L. M.; SERRA FILHO, R.; BARBOSA, J. M.; BARRETO, R. A. A.; ASPERTI, L. M.; MOURA, S. A.; CHITOLINA FILHO, R. & SEMACO, M. 1993. **Desenvolvimento e Implantação de Modelos Alternativos de Recomposição Vegetal com Espécies Nativas na Fazenda São Carlos – Santa Cruz das Palmeiras – SP**. Instituto de Botânica/SMA, São Paulo (SP), 90 p.
- BARBOSA, J. M.; BARBOSA L. M.; SILVA, T. S. da; GATUZZO, E. H. & FREIRE, R. M. 1992. Capacidade de Estabelecimento de Indivíduos de espécies de Sucessão Secundária a partir de Sementes em Sub-bosque de uma Mata Ciliar Degradada do rio Mogi-Guaçu – SP. In: Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Curitiba PR. Anais... p. 401 - 406
- BARBOSA, L. M. 2000a. **Princípios da recuperação vegetal de áreas degradadas**. São Paulo, SMA/SEAM/CIMP. 76p. (Manuais Ambientais)
- BARBOSA, L. M. 2000b. Considerações gerais e modelos de recuperação de matas

- ciliares. **In:** RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) *Matas ciliares – Conservação e Recuperação*. São Paulo. EDUSP/ FAPESP. p.289-311
- BIELLA, L. C. 1981. **Reflorestamento misto com essências nativas na UHE de Paraibuna**. CESP. São Paulo. 14p.
- BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; PRADO, N. J. S.; FONSECA, E. M. B. 1995. Implantação em mata ciliar. **In** : Curso de atualização em implantação de mata ciliar, 2. Lavras, 1995. Belo Horizonte, UFLA/FAEPE.171 p.
- BRINSON, N. M. SWIFT, B. L.; PLANTICO, R. C. & BARCLAY, J. S. 1981. **Riparian Ecosystems: Their Ecology and Status**. U. S. Fish and Wildlife Service, Biol. Serv. Progr. FWS/OBS-81/17. Washington, D. C. 151p.
- BROWN JR, K. S. 2000. Insetos indicadores da história, composição, diversidade e integridade de matas ciliares. **In:** RODRIGUES, R.R. & LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) *Matas ciliares - Conservação e Recuperação*. São Paulo. EDUSP/ FAPESP, P 109 –123.
- BROWN, N. 1995 Rehabilitation of natural forests in the humid tropics. **In:** BARKER, D. H. (ed.) *Vegetation and slopes – stabilization, protection and ecology*. Thomas Telford. London. p 152-160.
- CAIRNS JR, J. 1986. Restoration, reclamation and regeneration of degraded or destroyed ecosystems. **In:** SOULÉ, M. E. (ed.). *Conservation Biology. The Science of Scarcity and diversity*. Sinauer Associates Inc. p.465-484.
- CALEGÁRIO, N. 1993. **Parâmetros florísticos e fitossociológicos da regeneração natural de espécies nativas no subosque de povoamentos de *Eucalyptus*, no município de Oriente/MG**. Viçosa, UNV. 114p. (Dissertação de Mestrado).
- CHAZDON, R. L. 1988. Sunflecks and their importance to forest understory plants. **Advances in Ecological Research**, 18:1-63.
- CLARY, W. P. & MEDIN, D. E. 1992. Vegetation, breeding bird, and small mammals biomass in two high-elevation sagesbrush riparian habitats,. **In:** Symposium on Ecology and Management of Riparian Shrub Communities, Proceedings... General Tecnichal Report INT-298. Ogden, UT:US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. p.100-110.
- COSTA, F. R. C. 1996. **Aspectos florísticos, estruturais e ecológicos de um**

- remanescente de mata ciliar do Ribeirão da Onça, Brotas, SP.** São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (Dissertação de Mestrado) 109p.
- CRESTANA, M. S.; TOLEDO FILHO, D. V. & CAMPOS, J. B. 1993. **Florestas: sistemas de recuperação com essências nativas.** Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. 60p.
- DAUBENMIRE, R.F.1959. A canopy coverage method of vegetation analysis. **Northwest Science** 33:43-64.
- DAVIDE, A. C. 1994. Seleção de espécies vegetais para a recuperação de áreas degradadas. **In:** Simpósio Sul Americano, I e Simpósio Nacional, II, Recuperação de Áreas Degradadas. Anais...Curitiba PR. FUPEF. p.111-122
- DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A.; FARIA, J. M. R.; 1996. Regeneração natural em sub-bosques de *Eucalyptus grandis*, na região sul de Minas Gerais. **In:** Congresso de Ecologia do Brasil, 3, Brasília (DF). Resumos... p. 434
- DELLITI, W. B. C. 1989. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. **In:** SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1, São Paulo, 1989. Anais. Campinas, Fundação Cargill, p. 88-98.
- DURIGAN, G. 1990. Taxa de sobrevivência e crescimento inicial das espécies em plantio de recomposição da mata ciliar. **Acta Botanica Brasilica** 4(2):35-40.
- DURIGAN, G. 1994. **Florística, fitossociologia e produção de folheto em matas ciliares da região oeste do estado de São Paulo.** Campinas. (Tese de Doutorado) Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.149 p.
- DURIGAN, G. & DIAS, H. C. S. 1990. Abundância e diversidade da regeneração natural sob mata ciliar implantada. **In:** CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. Anais. São Paulo, SBS/SBEF. V. 3. P. 308-312.
- DURIGAN, G. & NOGUEIRA, J. C. B. 1990. Recomposição de matas ciliares. **IF-Série Registros** 4: 1-14.
- DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H. F. 1995. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. **Revista do Instituto Florestal São Paulo**, 2 (7): 197-239.

- DURIGAN, G. & SILVEIRA, E. R. 1999. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, **56**: 135-144.
- DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H. F. & PAGANO, S. N. 1996. Produção de folheto em matas ciliares na região oeste do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, **2** (8) : 187-189.
- DURIGAN, G.; FRANCO, G. A. D. C.; PASTORE, J. A. & AGUIAR, O. T.; 1997. Regeneração natural de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. **Revista do Instituto Florestal** 9(1):71-85.
- DURIGAN, G.; FRANCO, G. A. D. C.; SAITO, M. & BAITELLO, J. B. 2000. Estrutura e diversidade do componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, **23**(4): 369-381.
- DURIGAN, G.; MELO, A. C. G.; MAX, J. C. M.; VILAS BÔAS, O. & CONTIÉRI, W. A. 2001. Manual para a recuperação das matas ciliares do oeste paulista. IF/CINP/SMA. 16 p.
- EMBRAPA. 1979. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Serviço nacional de Levantamento e Classificação de Solos.
- FELFILI, J. M. 1994. Floristic composition, phytosociology of the gallery forest alongside the Gama Stream in Brasília, DF, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 17(1):1-11.
- FLOYD, D. A. & ANDERSON, J. E. 1987. A comparison of three methods for estimating plant cover. **Journal of Ecology** 75: 221-228.
- GANDOLFI, S.; & RODRIGUES, R. R. 1996. Recomposição de Florestas Nativas: Algumas Perspectivas Metodológicas para o Estado de São Paulo. In: BALENSIEFER, M. (coord.) Recuperação de Áreas Degradadas. Apostila do III Curso de Atualização. FUPEF. UFPR, p.83-100.
- GISLER, C. V. T. 2000. **Estrutura e função de matas ciliares remanescente e implantada em Santa Cruz das Palmeiras, SP**. Instituto de Biociências. UNESP. Rio Claro 167p. (Tese de Doutorado)
- GREIG-SMITH, P. 1964. **Quantitative plant ecology**. 2nd . London, Butterworths.

256 p.

- GROMBONE-GUARATINI, M. T. 1999. **Dinâmica de uma floresta estacional semidecidual: o banco, a chuva de sementes e o estrato de regeneração.** Campinas. UNICAMP. (Tese de Doutorado). 150 p.
- HARPER, K. T.; SANDERSON, S. C.; McARTHUR, E. D. 1991. Riparian ecology in tion National Park, Utah. **In:** SYMPOSIUM ON ECOLOGY AND MANAGEMENT OF RIPARIAN SHRUB COMMUNITIES. Proceedings. General Technical Report INT-298. P. 32-42. USDA For Serv., Intermountain Research Station. 232p.
- IAC – IGC,(S.d.). **Carta pedológica semidetalhada do Estado de São Paulo.** Folha de Assis. Secretaria de Agricultura e Abastecimento - CIERGA (no prelo)
- IBAMA. 1990. **Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração.** Brasília. IBAMA, 96 p.
- JANSEN, A. 1997. Terrestrial invertebrate community as an indicators of the success of a tropical rainforest restoration project. **Restoration Ecology**. 5(2):115-124.
- JESUS, R. M. 1994. Revegetação: da teoria à prática – técnicas de implantação. **In:** Simpósio Sul Americano, I e Simpósio Nacional, II, Recuperação de Áreas Degradadas. Anais...Curitiba PR. FUPEF. p.123-134.
- JOLY, C. A. 1992. Biodiversity of the gallery forests and its role in soil stability in the Jacaré-Pepira water, State of São Paulo, Brazil. **In:** JENSEN, A. (Ed.) Ecotones at the river basin scale global land/water interactions-Proceedings of ecotones regional workshop. Barmera, South Australia. MAB/UNESCO. p. 40-66.
- JOLY, C. A.; SPIGOLON, J. R.; LIEBERG, S. M.; SALIS, S. M. AIDAR, M. P. M.; METZGER, J. P.; ZICKEL, C. S.; LOBO P. C.; SHIMABUKURO, M. C. M.; MARQUES, M. C. M.; & SALINO, A. 2000. Projeto Jacaré-Pepira – O desenvolvimento de um modelo de recomposição da mata ciliar com base na florística regional. **In:** RODRIGUES, R.R. & LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) *Matas ciliares - Conservação e Recuperação*. São Paulo. EDUSP/ FAPESP. p.281-287.
- KAGEYAMA, P. Y. 1992. Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidrelétricas da CESP. **Série Técnica IPEF**, 8(25):1-5.

- KAGEYAMA, P. Y. & CASTRO, C. F. 1989. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **Revista do IPEF**, Piracicaba, **41/42**: 88-93.
- KAGEYAMA, P. & GANDARA, F.B. 2000. Recuperação de áreas ciliares. **In**: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H. F. (eds.) *Matas ciliares - Conservação e Recuperação*. São Paulo. EDUSP/FAPESP. p. 249-269
- KAGEYAMA, P. Y.; BRITO, M. A. & BAPTISTON, I. C. 1986. Estudo do mecanismo de reprodução das espécies da mata natural. **In**: KAGEYAMA, P. Y. (Coord.). Estudo para a implantação de matas ciliares de proteção na bacia hidrográfica do Passa Cinco Visando a utilização para abastecimento público. IPEF. Relatório de Pesquisa.
- KAGEYAMA, P. Y.; BIELLA, L. C. & PALERMO, Jr., A. 1990. Plantações Mistas com Espécies Nativas com Fins de Proteção à Reservatórios. 6º Congresso Florestal Brasileiro. **Anais**. Campos de Jordão, SP, 1:109-113.
- KAGEYAMA, P. Y.; FREIXÊDAS, V. W.; GERES, W. L. A.; DIAS, J. H. P. & BORGES, A. S. 1992. Consórcio de espécies nativas de diferentes grupos sucessionais em Teodoro Sampaio, SP. **Revista do Instituto Florestal**, **4**:527-33.
- KAGEYAMA, P. Y.; SANTARELLI, E.; GANDARA, F. B.; GONÇALVES, J. C.; SIMIONATO, J. L.; ANTIQUEIRA, L. R. & GERES, W. L. 1994. Revegetação de áreas degradadas: modelos de recomposição com alta diversidade. **In**: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1 /SIMPÓSIO NACIONAL, 2, Recuperação De Áreas Degradadas, Foz do Iguaçu, 1994. **Anais**. Curitiba, FUPEF, p. 569-576.
- KARR, J. R. & SCHLOSSER, I. J. 1978. Water resources and the land-water interface. **Science**, **201**: 229-234.
- LEMONS, R. C. & SANTOS, R. D. 1982. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. SBCS/SNLCS, Campinas, 2.ed. 46p.
- LIMA, N. P. 1989. Função hidrológica da mata ciliar. **In**: BARBOSA, L. M. (Coord.). SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR. São Paulo. Abr. 11-15, 1989. Fundação Cargill. p. 11-19
- LOHMANN, M. 1994. Importância das espécies utilizadas em um reflorestamento após mineração para a sucessão natural. **In**: Simpósio Sul Americano, I e

- Simpósio Nacional, II, Recuperação de Áreas Degradadas. Anais...Curitiba PR. FUPEF. p. 592.
- LOWRENCE, R.; TODD, R.; FAIL JR., J.; HENRICKSON JR., O.; LEONARD, R. & ASMUSSEN, C. 1984. Riparian forests as nutrient filters in agricultural watersheds. **Bioscience**, **34**(6):374-377.
- LUGO, A. E. 1992a. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. **Ecological monographs** **62**(1):1-41.
- LUGO, A. E. 1992b. Tree plantations for reabililitating damaged forest lands in the tropics **In**: WALI, M. K. (ed.) Ecosystem rehabilitation: Ecosystem analysis and synthesis. Vol. 2. Academic Publishing, The Hague, The Netherlands. p. 247-255.
- MACEDO, A. C. 1993. **Revegetação: matas ciliares e de proteção ambiental**. São Paulo. Fundação Florestal. 26p.
- MAGURRAN, A. E. 1988. **Ecological Diversity and Its Measurement**. Princeton, Princeton University Press. 179 p.
- MALUF, F. S. 2000. **Estrutura e Dinâmica do Estrato Arbóreo e da Regeneração Natural em Áreas Restauradas**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba 69p. (Dissertação de Mestrado).
- MANTOVANI, W. 1998. Recuperação e monitoramento de ecossistemas: Escalas de abordagem. **In**: Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, IV, (Anais). Publicação. ACIESP 104, Vol. V. p.288-294.
- MARINHO FILHO, J. S. & REIS, L. M. 1989. A fauna de mamíferos associada às matas de galeria. **In**: Simpósio sobre mata ciliar, 1., Campinas. Anais. São Paulo, Fundação Cargill, p.43-60.
- MARTINS, S. V.1999. **Aspectos da dinâmica de clareiras em uma floresta estacional semidescidual no município de Campinas, SP**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas 215p. (Tese de Doutorado).
- MESSINA, R. E. 1998. **Elaboração e implantação de um modelo de recomposição ciliar às margens da Represa do Lobo, Itirapina, SP**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 151p. (Dissertação de Mestrado).

- MITSCH, W. J. & GOSSELINK, J. G. 1992. **Wetlands**. New York, Van Nostrand Renhold, 722p.
- MOURA, L. C. 1998. **Um estudo de estrutura de comunidades em fitocenoses originárias da exploração e abandono de plantios de eucalipto, localizadas no Horto Florestal Navarro de Andrade, Rio Claro, SP**. Campinas. Universidade Estadual de Campinas. 340p. (Tese de Doutorado)
- MÜLLER, A. C. & ZELLAZOWSKY, V.H. 1989. Reflorestamento ecológico da faixa de proteção do reservatório de Itaipu-ME. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1, São Paulo, 1989. Anais. Campinas, Fundação Cargill. p. 213-232
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, John Wiley & Sons.
- NOGUEIRA, J. C. B. 1977. Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas. **Boletim Técnico IF**, 24, p. 1-77.
- OCTAVIANI, J. C.; CANETIERI, J. D.; SELTZ, M.; FROIS, M. S.; KAWALL, M. A. & ROSSETTI, A. I. N. 1989. Recomposição da mata ciliar na microbacia do ribeirão da Cachoeira, Espírito Santo do Pinhal, SP. **Ecossistema**, 14:104-109.
- PAGANO, S. N & DURIGAN, G. 2000 **Aspectos da Ciclagem de Nutrientes das Matas Ciliares do Oeste do Estado de São Paulo**. In: RODRIGUES, R.R. & LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) *Matas ciliares - Conservação e Recuperação*. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo / FAPESP, P 109 –123.
- PARROTA, J. A.; KNOWLES, O. H. WUNDERLE JR. 1997. Development of floristic diversity in 10-years-old restoration forests na a bauxite mined site in Amazonia. **Forest Ecology and Management** 99: 21-42.
- PASSOS, M. J. 1998. **Estrutura da vegetação arbórea e regeneração natural em remanescentes de mata ciliar do rio Mogi-Guaçu, SP**. Piracicaba, 1998. ESALQ. 68p. (Dissertação de Mestrado)
- PETERJOHN, W. T. & CORREL, D. L. 1984. Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest. **Ecology**, 65(5):1466-1475.
- PETERS, R.; TANAKA, H.; SHIBATA, M. & NAKASHIZUKA, T. 1995. Light climate growth in shade-tolerant *Fagus crenata*, *Acer mono* and *Carpinus*

cordata. **Ecoscience**, 2(1):67-74.

- PIELOU, E. C. 1975. **Ecological Diversity**. New York. John Wiley and Sons 165p.
- PINAY, G.; DÉCAMPS, H.; CHAUVET, E. & FUSTEC, E. 1990. Functions of ecotones in fluvial systems. **In**: NAIMAM & DÉCAMPS (eds). The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. Man and the Biosphere Series. Vol. 4. UNESCO. Parthenon Publishing Group, p. 141-171.
- REICHARDT, K. 1987. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo. Manole, 188 p.
- REVILLA, J. & AMARAL, I. 1988. Reflorestamento com espécies de igapó nas margens do lago Tucuruí, PA. **In**: Congresso Nacional de Botânica, 39, Belém, jan. 24-31, Resumos, p. 424.
- RICH, P. M. 1989. **A manual for analysis of hemispherical canopy photography**. Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico LA – 11733-M.
- RICH, P. M.; CLARK, D. B.; CLARK, D. A. & OBERBAUER, S. F. 1993. Long term study of solar radiation regimes in a tropical wet forest using quantum sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, 65:107-127.
- RICHARDS, P. W. 1996. **The tropical rain forest: an ecological study**. 2nd ed. University Press, Cambridge. 575p.
- RODRIGUES, R. R. 2000. Uma discussão nomenclatural das formações ciliares **In**: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H. F. (eds.) *Matas ciliares – Conservação e Recuperação*. São Paulo. EDUSP/ FAPESP. p. 91-99.
- RODRIGUES, R. R. & GANDOLFI, S. 1998. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. **In**: DIAS, L. E. & MELO, J. W. V. (eds.). *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa. UFV – Sociedade Brasileira de Recuperação de áreas Degradadas. p.203-215
- RODRIGUES, R. R. & GANDOLFI, S. 2000. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. **In**: RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) *Matas ciliares – Conservação e Recuperação*. São Paulo. EDUSP/ FAPESP. p. 235-247.
- RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H. F. 1988. Recomposição artificial da mata

- ciliar ao redor da represa de abastecimento de água do município de Iracemápolis, SP. **In:** CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 39. Belém . Resumos...p. 387.
- RODRIGUES, R. R. & NAVE, A. G. 2000. Heterogeneidade florística das matas ciliares. **In:** RODRIGUES, R. R. & LEITÃO FILHO, H. F. (eds.) *Matas ciliares – Conservação e Recuperação*. São Paulo. EDUSP/ FAPESP. p. 235-247.
- RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F.; CRESTANA, M. S. M.; 1992. Restauração do Entorno da Represa de Abastecimento de Água do Município de Iracemápolis – SP. **In:** Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Curitiba PR. Anais, pp. 407-416.
- ROLLET, P.M. 1971. Regeneración natural en bosque denso siempreverde de llanura de la Guyane Venezolana. **Inst. Flor. Amer. de Invest. y Capacit.** 35:39-73.
- ROZZA, A. F. 1997. **Florística, fitossociologia e caracterização sucessional em uma floresta estacional semidecidual: Mata da Virgínia, Matão, SP.** Campinas. UNICAMP. 176 p. (Dissertação de Mestrado)
- SALVADOR, J. G. L. 1989. **Considerações sobre as matas ciliares e a implantação de reflorestamentos mistos nas margens de rios e reservatórios.** São Paulo. CESP (Série Divulgação e Informação, 105).
- SALVADOR, J. L. G. & OLIVEIRA, S. B. 1989. **Reflorestamento ciliar de açudes.** CESP. 14p. Série Divulgação e Informação 123.
- SANTOS, R. F. 1988. **Aspectos da ciclagem de nutrientes minerais em reflorestamento misto, Campinas, SP.** São Paulo, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 222 p. (Tese de Doutorado).
- SAUTTER, K.D. 1998. Meso (Acari e Colembola) e macrofauna (Oligochaeta) na recuperação de solos degradados. **In:** DIAS, L. E. & MELO, J. W. V. (eds.). *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa. UFV – Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. p.197 – 202
- SCHULTZ, R. C. ISENHART, T. M. & COLLETTI, J. P. 1994. Riparian buffer systems in crop rangelands. **In:** *Agroforestry and sustainable systems: Symposium Proceedings*. Fort Collins, Colorado. USDA For. Serv. Gen. Techn. Rep. RM – GTR-261. p 13-25.

- SEITZ, R. A. 1994. A regeneração natural na recuperação de áreas degradadas. In: Simpósio Sul Americano, I e Simpósio Nacional, II, recuperação de áreas degradadas. Anais...Curitiba PR. FUPEF. p.103-110.
- SILVA JR, M. C.; SCARANO, F. R. & GARDEL, F. S. 1995. Regeneration of an Atlantic forest formation in the undertorey of a *Eucalyptus grandis* plantation in south easrtern Brazil. **Jornal of Tropical Ecology** 11:147-152.
- SILVA Jr., M.C.; NOGUEIRA, P.E. & FELLIPE, J.M. 1998. Flora lenhosa das matas galeria do Brasil central. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** 5:57-76.
- SOARES, A. R. ; SILVA, G.; DIAS, H. C. T. & GARCIA JÚNIOR, I. P. 1994. Dinâmica de populações de plantas jovens que ocorrem numa floresta estacional semidecídua montana em Lavras, Minas Gerais. **Cerne** 1(1), p28-37.
- TOLEDO, A. E. P.; CERVENKA, C. J. & GONÇALVES, J. C.; 1992. **Recuperação de Áreas Degradadas**. Série Pesquisa e Desenvolvimento, São Paulo, 59, 2ª ed., 12p.
- WEATHERLEY, N. S. & ORMEROD, S. J. 1990. Forest and the temperature of upland streams in Wales: a modeling exploration of the biological effects. **Freshwater Biology** 24:109-122.
- WHITMORE, T. C.; BROWN, N. D.; SWAINE, M. D.; KENNEDY, D.; GOODWIN-BAILEY, C. I. & GONG, W. K. 1993. Use of hemispherical photographs in forest ecology: Measurements of gap size and radiation totals in a Bornean tropical rain forest. **Journal of Tropical Ecology** 9:131-151.