

Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração  
de matas ciliares no Médio Vale do ParanapanemaStructural evolution of planted riparian forests in  
the Medium Paranapanema Valley, SP, BrazilAntônio Carlos Galvão de Melo<sup>1</sup> e Giselda Durigan<sup>1</sup>**Resumo**

As matas ciliares são importantes para a proteção dos recursos hídricos e da biodiversidade e, por isso, muitos esforços têm sido destinados à sua restauração. O presente estudo teve como objetivo avaliar a evolução estrutural de plantios de restauração de matas ciliares baseados na sucessão secundária, realizados na Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema, SP. Foram estudadas nove áreas reflorestadas, com idades variando de um a 13 anos, e uma área em regeneração natural com 23 anos. Os parâmetros analisados são relacionados ao estrato arbóreo (biomassa e fitossociologia) e à regeneração natural (densidade e riqueza). Quanto aos parâmetros de biomassa os valores da área em sucessão natural (área basal = 15,05 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>; cobertura de copas 184,3%) não se diferenciaram dos encontrados nos reflorestamentos de três anos (área basal variando de 15,1 a 16,2 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e cobertura de copas variando de 159,2 a 291,2%). O reflorestamento com 13 anos mostrou-se estruturalmente similar à floresta madura nas mesmas condições ambientais. Porém, a riqueza de espécies do estrato arbóreo (26 espécies) ainda está muito aquém da floresta madura (68 espécies). A regeneração natural de espécies arbóreas não foi observada em áreas com menos de sete anos após o plantio e é predominantemente composta por espécies zocóricas (46,6 a 95,6% das plantas), diferentes das espécies que foram plantadas.

**Palavras-chave:** Estrutura, Mata ciliar, Regeneração natural, Restauração

**Abstract**

Riparian forests are key to protect water resources and biodiversity, so that efforts and funds have been directed towards its restoration. Nine areas, reforested on the basis of secondary succession with different ages (one to 13 years), as well as a naturally regenerated forest 23 years old, are compared in this study, in terms of stand structure. The parameters adopted in this analysis were related to arboreal layer (biomass and fitossociology) and understory layer (density and richness). Planted forests presented a recovery process faster than the naturally regenerated stand, in terms of biomass. In this case, the values observed in the naturally regenerated forest (basal area = 15,05 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>; crown cover = 184,3%) were not different from that observed in the reforested area aged three years old (basal area ranging from 15,1 to 16,2 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> and crown cover from 159,2 to 291,2). The eldest planted forest (13 years old) is structurally similar to mature riparian forests in the same environmental condition, but its species richness (26 tree species) is lower than the value of mature forest (68 species). On the basis of these results, natural regeneration can be considered as a good technical solution to recover riparian forests only when costs are very limitative. Natural regeneration of arboreal species in the understory starts about seven years after planting and regenerating species are predominantly animal dispersed (46,6 to 95,6% of the plants), other than those which were planted.

**Keywords:** Natural regeneration, Restoration, Riparian forest, Structure

**INTRODUÇÃO**

Conservação e restauração de matas ciliares têm sido, nos últimos 30 anos, assuntos de grande importância no contexto da qualidade ambiental. Os benefícios das matas ciliares para suporte à fauna, aumento da conectividade da paisagem (MARINHO FILHO e GASTAL, 2000), manutenção dos habitats aquáticos (BARRELA *et al.*, 2000) e da qualidade da água (CRESTANA

*et al.*, 1993; LIMA e ZAKIA, 2000) têm sido os argumentos mais fortes para sua conservação.

Em sua maior parte, os reflorestamentos ciliares foram implantados a partir do final da década de 1980 e, devido à sua baixa idade, podem ser ainda considerados áreas teste. Estudos sobre a eficácia dos plantios para promover a restauração de ecossistemas ripários ainda são escassos e muito recentes, podendo ser citados Silveira e Durigan (2004), Pulitano e Durigan (2004) e Souza e Batista (2004).

<sup>1</sup>Pesquisadores da Floresta Estadual de Assis do Instituto Florestal do Estado de São Paulo – Caixa Postal 104 – Assis, SP – 19802-970 - E-mail: [acgmelo@gmail.com](mailto:acgmelo@gmail.com); [giselda@femanet.com.br](mailto:giselda@femanet.com.br)

Tais estudos mostram tendências de evolução estrutural dos reflorestamentos, mas não tornam possível a compreensão da sua linha evolutiva, em comparação com áreas em sucessão natural.

O estudo da regeneração natural ocorrente sob o dossel dos reflorestamentos constitui-se em importante parâmetro para análise da evolução das comunidades em restauração. Pode indicar a recuperação do substrato (PARROTA *et al.*, 1997), a eliminação das ervas invasoras (CABIN *et al.*, 2002), a eficácia da cobertura formada pelas árvores plantadas na criação de habitat favorável à colonização por novas espécies (KABAKOFF e CHAZDON, 1996; GUILHERME, 2000), a intensidade e qualidade das inter-relações flora-fauna nas áreas em restauração (ROBINSON e HANDEL, 1993; WUNDERLE JR., 1997; REIS *et al.*, 1999;) e a conectividade da paisagem (METZGER, 1999).

O presente estudo teve como objetivo avaliar o sucesso dos plantios de restauração de matas ciliares baseados na sucessão secundária, por meio da análise de parâmetros estruturais da comunidade formada, respondendo às seguintes questões: Como se processa a evolução estrutural dos plantios de restauração ao longo do tempo? Esta evolução, caso constatada, permite afirmar que as áreas em restauração estão se aproximando da estrutura de uma floresta em clímax? Quais as diferenças estruturais entre as florestas plantadas e uma floresta em processo natural de regeneração?

## MATERIAL E MÉTODOS

### Região do estudo

As áreas selecionadas para este estudo estão localizadas nos municípios de Tarumã, Maracá e Pedrinhas Paulista, inseridos no médio Vale do Paranapanema, sudoeste do Estado de São Paulo, Brasil (Figura 1). Na região os solos são profundos, argilosos e férteis (Tabela 1), em altitudes que variam de 330 a 440 metros acima do nível do mar. O clima é caracterizado como Cfa (classificação de Köppen), com precipitação média anual de 1.350 mm (SILVEIRA e DURIGAN, 2004).

A vegetação original da região é classificada, segundo o sistema de Veloso *et al.* (1991), como Floresta Estacional Semidecidual.

A paisagem regional caracteriza-se pelo baixo índice de cobertura vegetal natural, estimado em cerca de 1,8% (Kronka *et al.*, 2005), e pela matriz com predominância de agricultura intensiva de grãos e de cana-de-açúcar.

### Características das áreas

Nesta região, guardando pequenas distâncias que variavam entre 0,8 a 11 quilômetros entre si, foram selecionados para estudo nove reflorestamentos e uma área em regeneração natural ("capoeira"), observando-se os seguintes critérios: a) áreas em solos semelhantes para fertilidade e umidade; b) uso similar do solo anterior ao reflorestamento ou regeneração; c) plantios de diferentes idades, possibilitando a análise em cronoseqüência e d) operações semelhantes de plantio e manutenção das árvores. As características de cada uma das áreas são apresentadas na Tabela 1.

### Levantamento estrutural e florístico dos estratos arbóreo e regenerante

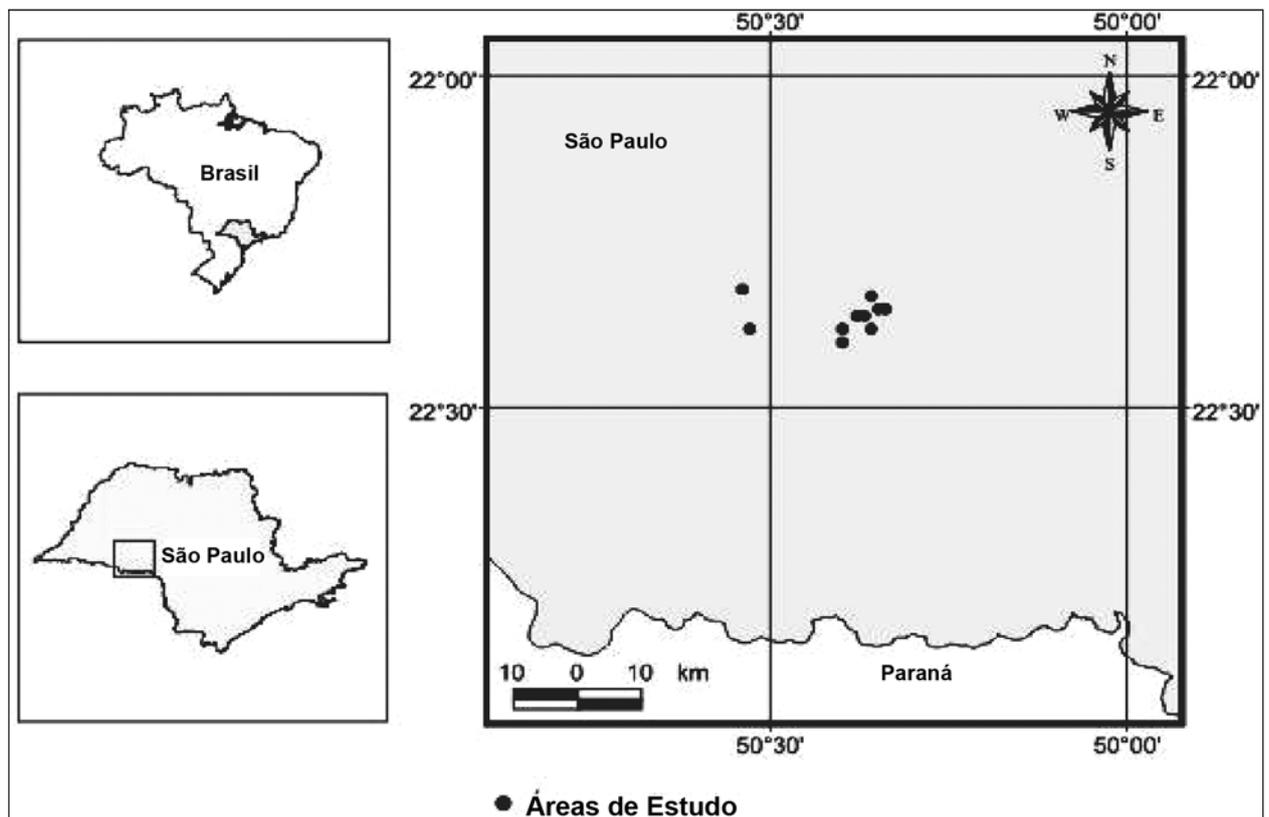
Para levantamento da estrutura do estrato arbóreo foram instaladas cinco parcelas de 100 m<sup>2</sup> (10 m x 10 m) em cada uma das áreas. Todas as árvores dos reflorestamentos e aquelas acima de 1,0 cm de DAP na capoeira foram consideradas para a caracterização do estrato arbóreo, tendo sido medidos o DAP e a altura e estimado o diâmetro médio de copa para avaliação de cobertura (projeção de copas sobre o terreno, em porcentagem).

Para determinar a riqueza do estrato arbóreo foram consideradas todas as árvores plantadas de cada um dos reflorestamentos, dentro e fora das parcelas.

Dentro de cada parcela do estrato arbóreo foram instaladas duas parcelas de 10 m<sup>2</sup> (1 m x 10 m) para os levantamentos do estrato regenerante. Nestas parcelas foram contadas e identificadas as plantas com altura  $\geq 0,30$  m ocorrendo entre as linhas dos reflorestamentos e plantas com DAP  $\leq 1,0$  cm e altura  $\geq 0,30$  m da capoeira.

A similaridade florística entre as áreas reflorestadas, a capoeira e a mata madura (DURIGAN e LEITÃO FILHO, 1995) foi calculada utilizando-se o coeficiente de Jaccard. A diversidade de espécies foi estimada pelo Índice de Shannon ( $H'$ ), utilizando-se logaritmo de base neperiana (MAGURRAN, 1988).

As espécies arbóreas foram identificadas em campo e, quando isso não era possível, coletou-se material botânico para identificação posterior. As características para determinar a síndrome de dispersão das espécies foram obtidas em Lorenzi (1992, 1998), Correa (1984) e junto a especialistas.



**Figura 1.** Localização das áreas de estudo no Médio Vale do Rio Paranapanema, SP, Brasil. (Location of the study sites in the Medium Paranapanema Valley, SP, Brazil).

**Tabela 1.** Caracterização das áreas de amostragem de matas ciliares (naturais ou plantadas) utilizadas no presente estudo, situadas no Médio Vale do Paranapanema, estado de São Paulo, Brasil. (Characteristics of riparian areas (natural or afforested) of this study at the Medium Paranapanema Valley, Brazil).

Área	Localização	Município	Idade (anos)	Solo	V% <sup>(1)</sup>
A	22°48' S; 50°37' W	Tarumã (SP)	1,3	Associação Latossolo Roxo + Terra Roxa Estruturada, ambos Eutróficos.	76
B	22°49' S; 50°33' W	Tarumã (SP)	1,1	Associação Latossolo Roxo + Terra Roxa Estruturada, ambos Eutróficos.	76
C	22°42' S; 50°51' W	Maracai (SP)	1,1	Latossolo Roxo Eutrófico	71
D	22°48' S; 50°51' W	Pedrinhas Paulista (SP)	3	Latossolo Vermelho Escuro Eutrófico	59
E	22°47' S; 50°35' W	Tarumã (SP)	3	Associação Latossolo Roxo + Terra Roxa Estruturada, ambos Eutróficos	76
F	22°43' S; 50°33' W	Tarumã (SP)	3	Associação Latossolo Roxo + Terra Roxa Estruturada, ambos Eutróficos	76
G	22°46' S; 50°32' W	Tarumã (SP)	7	Podzólico Vermelho Escuro Distrófico	69
H	22°45' S; 50°31' W	Tarumã (SP)	9	Associação Latossolo Roxo + Terra Roxa Estruturada, ambos Eutróficos	76
I	22°50' S; 50°37' W	Tarumã (SP)	13	Associação Latossolo Roxo + Terra Roxa Estruturada, ambos Eutróficos	76
Capoeira	22°46' S; 50°34' W	Tarumã (SP)	23	Latossolo Roxo, Eutrófico	68
Mata Madura	22°42' S; 50°22' W	Tarumã (SP)	Indet.	Podzólico Bruno acinzentado Eutrófico	59

(1) Valor médio de saturação de bases obtido na camada superficial dos solos (BOGNOLA *et al.*, 2003)

A normalidade dos conjuntos de dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO e WILK, 1965) e da análise gráfica de resíduos. Os dados de cobertura foram transformados por  $\arcsen \sqrt{p/100}$ , onde p é a porcenta-

gem calculada. A comparação das características estruturais entre reflorestamentos e a capoeira foi realizada utilizando-se o teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização do estrato arbóreo

Nas nove áreas de restauração pesquisadas foram encontradas 102 espécies, pertencentes a 34 famílias (Tabela 2), sendo que a riqueza dos reflorestamentos (Tabela 3) variou de 11 a 41 espécies. Na área em sucessão secundária (capoeira) foram encontradas 16 espécies, pertencentes a 10 famílias.

Verifica-se, nas florestas plantadas, que nenhuma das espécies encontradas consta da lista oficial de espécies da vegetação do Estado de São Paulo ameaçadas de extinção (SÃO PAULO, 2004). Isto evidencia uma tendência dos reflorestamentos em restaurar especialmente aspectos funcionais das matas ciliares (proteção contra erosão, manutenção da vazão e qualidade da água, etc.) deixando a desejar em termos de restauração e conservação da diversidade biológica.

Os principais parâmetros estruturais obtidos para o estrato arbóreo dos reflorestamentos, da capoeira e da mata ciliar madura (DURIGAN e LEITÃO FILHO, 1995) encontram-se na Tabela 3.

Verifica-se que as florestas plantadas tendem a evoluir estruturalmente para valores próximos à mata madura e que o crescimento das árvores

nos plantios foi mais rápido do que na capoeira, considerando-se que esta área esteve em processo de regeneração natural durante 23 anos.

A comparação através do teste Tukey mostra que a capoeira (com 23 anos) apresentou, de modo geral, área basal e cobertura superiores apenas aos plantios de um ano. A densidade dos indivíduos de porte arbóreo na capoeira não diferiu estatisticamente de nenhum dos reflorestamentos.

Guariguata e Ostertag (2001) ponderam que o tempo que as formações secundárias levam para atingir a biomassa das florestas maduras ainda é desconhecido, mas afirmam que após o fechamento do dossel as taxas de ciclagem de nutrientes e a produtividade tendem a ser altas, até que a biomassa e a área basal comecem a se estabilizar, sem, entretanto, atingir as condições da floresta madura.

Para comunidades secundárias de Floresta Estacional Semidecidual, Rodrigues (1998) relata, para a cuesta de São Pedro (SP) capoeiras com cinco, 10 e 20 anos que apresentavam alturas médias, respectivamente de 3,6, 3,8 e 5,7m. Em capoeiras baixas no município de Piracicaba (SP), Amador e Viana (2000) relatam áreas baixas variando de 3,45 a 4,74 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Características do estrato regenerante em diferentes áreas de restauração de mata ciliar e em capoeira no Médio Vale do Paranapanema, SP. (Understory layer features for nine restoration reforestation sites and one natural succession ('capoeira') sites in Medium Paranapanema Valley, Brazil).

	Área A	Área B	Área C	Área D	Área E	Área F	Área G	Área H	Área I	Capoeira
Riqueza estrato regenerante	0	0	0	0	0	0	21	17	26	23
Densidade estrato regenerante (pl/ha)	0	0	0	0	0	0	20400	7500	4015	18100
Diversidade estrato regenerante (H')	0	0	0	0	0	0	1,69	1,84	1,79	2,45
Plantas anemocóricas (%)	0	0	0	0	0	0	2,4	2,7	7,1	42,5
Plantas barocóricas (%)	0	0	0	0	0	0	2,0	50,7	0,6	4,4
Plantas zoocóricas (%)	0	0	0	0	0	0	95,6	46,6	91,5	53,1
Riqueza total (arbóreo e regenerante)	32	11	26	41	12	29	43	33	48	36

**Tabela 3.** Parâmetros de estrutura do estrato arbóreo em matas ciliares nativas e plantadas com diferentes idades no Médio Vale do Paranapanema, SP. Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas a 5%, pelo Teste de Tukey. (Structural parameters for arboreal layer in native and reforested riparian forests with different ages in Medium Paranapanema Valley, Brazil. Within a line, means with different letters are significantly different, at a significance level of 5%).

	Área A	Área B	Área C	Área D	Área E	Área F	Área G	Área H	Área I	Capoeira	Mata madura (*)
Idade (anos)	1	1	1	3	3	3	7	9	13	23	-
Riqueza	32	11	26	41	12	29	26	22	29	16	68
Densidade (ind/ha)	1320	1240	1320	2200	1280	1580	1300	1700	1688	1640	1087
	a	a	a	b	a	a	a	ab	ab	ab	
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	4,39	0,51	1,75	16,23	15,36	15,12	17,26	17,32	23,32	15,05	27,00
	ab	a	a	c	bc	bc	c	c	c	bc	
Altura média (m)	2,98	1,55	2,26	5,26	6,07	5,95	7,68	6,31	7,18	-	-
	a	a	a	b	bc	bc	c	bc	bc		
Cobertura (%)	77,4	16,8	53,1	291,2	180,4	159,2	159,8	146,8	257,1	184,3	215,0
	abc	a	ab	e	cde	bcd	bcd	bcd	de	cde	
Diversidade (H')	2,73	1,64	2,34	2,91	1,75	2,37	2,28	2,29	2,55	2,43	3,77

\* dados de Durigan e Leitão Filho (1995)

Em áreas de Floresta Ombrófila Densa em regeneração natural, com diferentes idades na encosta da Serra do Mar (SP), Tabarelli e Mantovani (1999) relatam áreas basais de 5,0 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> com 10 anos, 23,4 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> com 18 anos e 33,4 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> com 40 anos.

Tais dados relativos ao desenvolvimento estrutural de florestas secundárias indicam que os plantios de restauração analisados neste estudo apresentaram valores dendrométricos acima do que seria esperado do processo natural de sucessão e que a capoeira apresentou resultados abaixo da expectativa.

Na área em regeneração natural (capoeira) o baixo desempenho em acúmulo de área basal pode ser creditado ao fato de não terem sido executadas atividades que facilitassem a colonização e desenvolvimento das árvores, como poderia ser a simples eliminação das gramíneas da pastagem. A localização dessa capoeira em uma paisagem com predominância absoluta da matriz agropecuária explica, mesmo aos 23 anos de regeneração, a baixa riqueza de espécies (16 espécies no estrato arbóreo).

Em regiões onde não existam fragmentos em quantidade e proximidade suficientes ou situações em que o banco de sementes esteja depauperado pelo longo período de ocupação por atividades agrícolas, o abandono de áreas à regeneração natural seria estratégia menos adequada do que efetuar o plantio de árvores. Isto, se o que se busca é a rápida recuperação da biomassa e da cobertura vegetal. Por outro lado, não há custos operacionais envolvidos nos processos de regeneração natural e pode haver vantagens, como o restabelecimento de espécies típicas da flora original, que normalmente não são plantadas.

Analisando-se os valores relativos à cobertura de copas (Tabela 3), verifica-se que já no terceiro ano todos os reflorestamentos estudados apresentaram taxas de cobertura superiores a 100%, ou seja, ocorreu o recobrimento total do terreno, pro-

porcionando ambiente adequado à restauração. Nos processos de restauração o controle da energia incidente no solo é fator importante, pois a energia solar exerce papel de grande importância na dinâmica da sucessão secundária (BUDOWSKI, 1965; BAZZAZ e PICKET, 1980; e DENSLOW, 1980). A cobertura de copas também está correlacionada com a incidência das ervas invasoras que irão competir com as mudas (KAGEYAMA *et al.*, 1989) e a interceptação da água das chuvas pelas copas possibilita a estabilização do solo (JOLY *et al.*, 2000).

A diversidade observada no estrato arbóreo dos reflorestamentos analisados (Tabela 3) é baixa em comparação com a mata nativa madura na mesma região.

### Caracterização do estrato regenerante

O número de espécies em regeneração sob os plantios a partir de sete anos variou de 17 a 26 (Tabela 4), resultados semelhantes aos obtidos na capoeira, em que foram amostradas 23 espécies. Porém, a composição florística foi bastante distinta, sendo que, dentre as 23 espécies amostradas no sub-bosque da capoeira, catorze não foram amostradas em nenhum dos plantios.

Não há, nos reflorestamentos com três anos ou menos, estrato regenerante (plantas com altura mínima de 30cm), indicando que a regeneração natural ocorre somente após o estrato arbóreo ter-se desenvolvido, criando condições adequadas ao desenvolvimento dos propágulos dispersos por processos naturais (frutificação das árvores plantadas ou sementes provenientes de fragmentos naturais vizinhos).

No estrato regenerante dos reflorestamentos predominam as plantas dispersas por animais, tanto na proporção de espécies como em densidade relativa (Tabelas 4 e 5). Na área H, onde ocorre a menor proporção de plantas zoocóricas (56%), a maior proporção de indivíduos de dispersão barocórica foi influenciada pela alta densidade de *Mabea fistulifera*, que corresponde a 48% do total de indivíduos do estrato regenerante.

Tabela 4. Características do estrato regenerante em diferentes áreas de restauração de mata ciliar e em capoeira no Médio Vale do Paranapanema, SP. (Understory layer features for nine restoration sites and a natural succession ('capoeira') site in the Medium Paranapanema Valley, Brazil)

	Área A	Área B	Área C	Área D	Área E	Área F	Área G	Área H	Área I	Capoeira
Riqueza estrato regenerante	0	0	0	0	0	0	21	17	26	23
Densidade estrato regenerante (pl/ha)	0	0	0	0	0	0	20400	7500	4015	18100
Diversidade estrato regenerante (H')	0	0	0	0	0	0	1,69	1,84	1,79	2,45
Plantas anemocóricas (%)	0	0	0	0	0	0	2,4	2,7	7,1	42,5
Plantas barocóricas (%)	0	0	0	0	0	0	2,0	50,7	0,6	4,4
Plantas zoocóricas (%)	0	0	0	0	0	0	95,6	46,6	91,5	53,1
Riqueza total (arbóreo e regenerante)	32	11	26	41	12	29	43	33	48	36

**Tabela 5.** Caracterização do estrato regenerante sob reflorestamentos de restauração de mata ciliar no Médio Vale do Paranapanema, SP. DR = densidade relativa; A = anemocórica; B = barocórica; Z = zoocórica; indet. = indeterminada. (Characterization of understory layer under restoration reforestation and in one natural regeneration site ('capoeira'), in Medium Paranapanema Valley, Brazil. DR = relative density; A = anemochorous dispersed; B = barochorous dispersed; Z = zoochorous dispersed; indet. = non determined dispersal).

Espécie	Síndrome de dispersão	DR %			Capoeira
		ÁREA G	ÁREA H	ÁREA I	
<b>Anacardiaceae</b>					
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Z	0,98	6,67	7,47	
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Z		2,67		
<b>Annonaceae</b>					
<i>Annona cacans</i> Warm.	Z	0,49			
<b>Apocynaceae</b>					
<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud.	Z	0,49		0,77	9,94
<b>Asteraceae</b>					
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	A	1,47			
<b>Bignoniaceae</b>					
<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Toledo	A			0,19	
<b>Bombacaceae</b>					
<i>Chorisia speciosa</i> A.St.-Hil.	A			0,38	
<b>Cecropiaceae</b>					
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Z		1,33	0,57	
<b>Euphorbiaceae</b>					
<i>Croton urucurana</i> Baill.	B	0,98	1,33	0,38	
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	B		48,00		
<i>Sapium haematospermum</i> Müll. Arg.	Z			3,64	
<b>Fabaceae</b>					
<i>Acacia paniculata</i> Willd.	B				0,55
<i>Bauhinia longifolia</i> D. Dietr.	B				3,87
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillemin ex Benth.	A			4,02	
<i>Inga uruguensis</i> Hook. & Arn.	Z		18,67		
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.	A		1,33		32,6
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	A				3,87
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	A	0,49			2,21
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	A		1,33	1,92	
<b>Flacourtiaceae</b>					
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Z				3,87
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	Z	0,49			
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	Z			0,19	
<b>Lauraceae</b>					
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Z		1,33	0,96	2,76
<b>Meliaceae</b>					
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	A			0,57	
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	Z	0,49			
<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	Z		1,33		
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	Z	0,49			1,66
<b>Moraceae</b>					
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	Z		1,33		
<b>Myrtaceae</b>					
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O. Berg.	Z				2,76
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Z			21,84	4,42
<i>Psidium guajava</i> L.	Z	0,49	8,00	1,34	
<b>Nyctaginaceae</b>					
<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	A				0,55
<b>Pinaceae</b>					
<i>Pinus elliotti</i> Engelm.	A		1,33		
<b>Piperaceae</b>					
<i>Piper aduncum</i> L.	Z				6,08
<i>Piper amalago</i> L.	Z				0,55
<i>Piper mollicomum</i> Kunth.	Z	7,84			

**Tabela 5 - Continuação.** Caracterização do estrato regenerante sob reflorestamentos de restauração de mata ciliar no Médio Vale do Paranapanema, SP. DR = densidade relativa; A = anemocórica; B = barocórica; Z = zoocórica; indet. = indeterminada. (Characterization of understory layer under restoration reforestation and in one natural regeneration site ('capoeira'), in Medium Paranapanema Valley, Brazil. DR = relative density; A = anemochorous dispersed; B = barochorous dispersed; Z = zoochorous dispersed; indet. = non determined dispersal).

Espécie	Síndrome de dispersão	DR %			
		ÁREA G	ÁREA H	ÁREA I	Capoeira
<b>Rosaceae</b>					
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Z			0,19	0,55
<b>Rubiaceae</b>					
<i>Palicourea</i> sp.	Z			0,57	
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	Z	8,33		0,38	0,55
<b>Rutaceae</b>					
<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.	Z	2,45			
<b>Sapindaceae</b>					
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Z				3,31
<b>Sapotaceae</b>					
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichl.) ex Miq. Engl.	Z				0,55
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	Z			0,19	
<b>Solanaceae</b>					
<i>Cestrum calycinum</i> Kunth.	Z	59,31	1,33	48,47	12,15
<i>Cestrum sendtnerianum</i> Mart.	Z	2,94		3,64	
<i>Solanum americanum</i> Mill.	Z				3,31
<i>Solanum granuloso-leprosum</i> Dunal	Z			0,77	
<i>Solanum variabile</i> Mart.	Z	0,49			
<b>Sterculiaceae</b>					
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	B		1,33	0,19	
<b>Tiliaceae</b>					
<i>Luehea candicans</i> Mart.	B	0,98			
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	A	0,49			
<b>Ulmaceae</b>					
<i>Celtis iguanae</i> (Jacq.) Sarg.	Z	4,41			
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Z		1,33		
<b>Verbenaceae</b>					
<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.	Z	1,96			
<i>Lantana camara</i> L.	Z	3,92		0,19	
<i>Lantana trifolia</i> L.	Z		1,33	0,57	
<i>Petreaea volubilis</i> Vell.	A				2,21
<b>Violaceae</b>					
<i>Hybanthus atropurpureus</i> (A. St.-Hil.) Taub.	Z				0,55
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Z			0,38	
<i>Sequiera floribunda</i> Benth	A				1,10
<b>Indeterminada</b>					
Morfo espécie 1	indet.			0,19	

Do total de 47 espécies em regeneração sob os plantios, 23 não foram plantadas em nenhuma das áreas, tendo sido introduzidas na comunidade por agentes naturais de dispersão. Todas as espécies nativas em regeneração que não foram plantadas, sem exceção, caracterizam-se por síndrome de dispersão zoocórica. Este resultado, em conjunto com os baixos valores de similaridade encontrados entre os estratos arbóreo e regenerante (variando de 17,1% a 27,9%), sugere que, de modo geral, as árvores plantadas ainda não atingiram estágio reprodutivo, mas proporcionaram a criação de habitat atrativo para animais dispersores de sementes.

Para a capoeira, dois resultados são importantes quando se analisa o estrato regenerante: i) apesar da maior diversidade, a similaridade entre estratos arbóreo e regenerante é baixa (18,2%) e, ii) para as espécies zoocóricas a densidade relativa (53,0%) está bem próxima da densidade das anemocóricas (42,5%), diferentemente da maioria dos reflorestamentos. É possível que as espécies anemocóricas tenham sido predominantes desde o início do processo de colonização da capoeira, dispersando propágulos por um longo período, ao contrário das áreas reflorestadas.

A abundância das espécies zoocóricas sob

os plantios reforça a importância da atração da fauna para dispersão de sementes e, por consequência, para a restauração, conforme já discutido em vários outros estudos (HOWE, 1986; MCCLANAHAN e WOLFE, 1993; ROBINSON e HANDEL, 1993 e WUNDERLE JR., 1997).

A discussão sobre riqueza dos plantios em reflorestamentos é infrutífera se o conjunto de espécies a ser plantado não for definido, para cada área degradada, em função da flora local e das restrições ambientais. Devem ser também consideradas no planejamento da restauração as expectativas de evolução da comunidade (principalmente por meio de processos naturais) e os benefícios ambientais a serem agregados ao processo de restauração, tais como a proteção ao solo e à água e a conservação de espécies raras ou ameaçadas.

Os resultados deste e de diversos outros estudos mostram que a regeneração natural pode ocorrer em alta densidade e diversidade, mesmo sob plantios monoespecíficos (LUGO, 1992; SILVA *et al.*, 1995; HAGGAR *et al.*, 1997; HARRINGTON e EWEL, 1997).

A similaridade florística calculada (Tabela 6) entre as comunidades estudadas aumenta quando se agrega o estrato regenerante ao arbóreo. Isto mostra que os processos naturais de regeneração sob os reflorestamentos estão fazendo com que as florestas plantadas se tornem cada vez mais semelhantes à floresta original, conforme já observado por Pulitano e Durigan (2004).

Os baixos índices de diversidade do estrato regenerante (analisados apenas nas áreas de 7, 9 e 13 anos) foram condicionados pela alta densidade relativa de uma ou duas espécies, como, por exemplo, *Cestrum calycinum*, *Mabea fistulifera* e *Inga uruguensis*. A predominância de poucas espécies no estrato regenerante não indica, por si só, que os reflorestamentos tenham a tendência de transformar-se em comunidades muito simplificadas. Com o passar do tempo, com o crescimento diferenciado das árvores e a mortalidade daquelas de menor longevidade,

espera-se que haja a formação de diferentes micro-habitats e conseqüente diversificação da comunidade vegetal.

### Evolução temporal dos plantios de restauração

Na Figura 2 são representadas as tendências de evolução temporal dos reflorestamentos de restauração, com base nos dados médios obtidos por meio deste estudo, para parâmetros de riqueza florística e estrutura.

Para a região estudada, quinze anos é a idade aproximada em que os plantios se assemelham estruturalmente à floresta madura. Para riqueza, apesar do aumento evidente a partir dos sete anos, em decorrência dos processos de regeneração natural, será necessário um tempo bem mais longo para que os plantios se igualem à floresta natural.

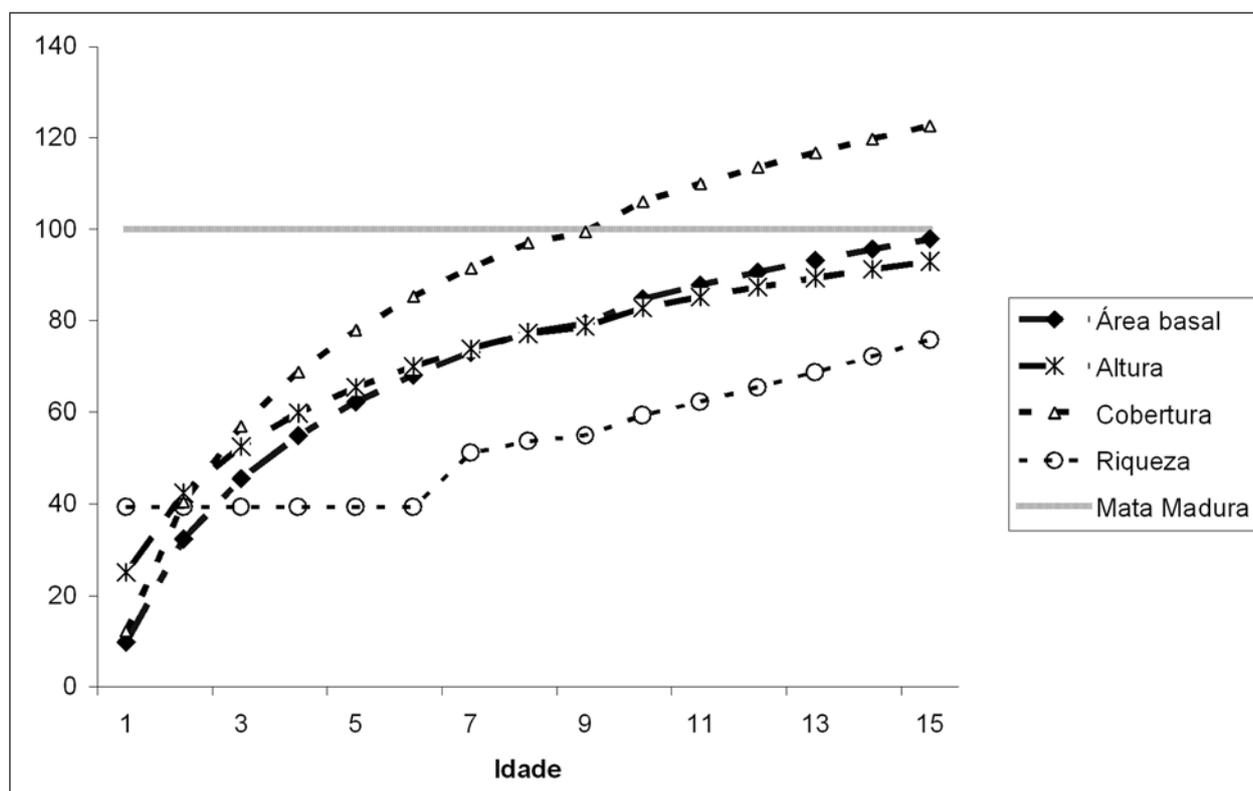
O modelo de evolução apresentado chama a atenção especialmente pela notável evolução dos parâmetros referentes à biomassa (área basal, altura e cobertura) podendo, inclusive, superar a mata nativa. Estes resultados podem ser explicados: i) pelo fato das áreas reflorestadas terem pequena largura (no máximo 30 metros), o que resulta em maior disponibilidade de luz do que em condição de floresta contínua; ii) por estarem as florestas plantadas junto a corpos d'água (alta disponibilidade hídrica), e iii) pela alta fertilidade dos solos na região (alta disponibilidade de nutrientes). Diante da alta disponibilidade de luz, água e nutrientes, as árvores plantadas, em relativamente pouco tempo, atingiram patamares de biomassa similares ou mesmo superiores à floresta madura de referência.

As comunidades resultantes de reflorestamentos iniciaram-se com um número de espécies maior que o previsto pelos modelos normalmente apresentados para descrever a sucessão secundária em florestas tropicais (BUDOWSKI, 1965; WHITMORE, 1975; RICHARDS, 1976; GUARIGUATA e OSTERTAG, 2001).

**Tabela 6.** Similaridade (%), pelo índice de Jaccard, entre três reflorestamentos de restauração, uma área em regeneração natural (capoeira) e uma floresta ripária madura no Médio Vale do Paranapanema, Brasil. (Jaccard's index (%) of similarity among three planted riparian forest stands, a naturally regenerated stand ('capoeira') and a mature riparian forest in the Medium Paranapanema Valley, Brazil).

Área	Estrato	Capoeira (36 espécies)	Floresta madura*(68 espécies)
G (7 anos)	Arbóreo (26 espécies)	14,0	8,0
	Arbóreo e regenerante (43 espécies)	16,4	8,0
H (9 anos)	Arbóreo (22 espécies)	12,8	2,3
	Arbóreo e regenerante (33 espécies)	13,0	4,2
I (13 anos)	Arbóreo (29 espécies)	13,2	5,4
	Arbóreo e regenerante (48 espécies)	12,9	8,1

\* = dados de Durigan e Leitão Filho (1995).



**Figura 2.** Evolução estrutural de plantios de restauração de matas ciliares, comparados a uma mata madura na região do Médio Paranapanema (SP). (Structural evolution of planted riparian forests, compared to a mature native forest in the Medium Paranapanema Valley (SP)).

O aumento de espécies ocorre pela regeneração natural a partir do quinto ano e, no décimo quinto a comunidade em restauração tem cerca de 70% das espécies da floresta madura, sem que o ritmo de crescimento apresente sinais de estagnação, mostrando o potencial de processos naturais de dispersão na promoção da restauração de áreas degradadas.

## CONCLUSÕES

Os reflorestamentos ciliares estudados apresentam evolução estrutural ao longo do tempo, o que permite concluir que tende a aproximá-los da mata madura, mais rapidamente em formação de biomassa do que na recuperação da riqueza de espécies.

As florestas plantadas apresentaram melhor desempenho em formação de biomassa do que a capoeira em regeneração natural, sendo, portanto, na região em estudo, alternativa preferencial para a rápida recuperação de cobertura florestal em relação ao simples isolamento e abandono.

A ação de animais dispersores de sementes a partir de áreas naturais remanescentes nas proximidades dos plantios contribuiu fortemente para o incremento da riqueza e diversidade do estrato regenerante e, por conseqüência, para o sucesso da restauração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADOR, D.B.; VIANNA, V.M. Dinâmica de capoeiras baixas na restauração de um fragmento florestal. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.57, p.69-85, 2000.
- BAZZAZ, F.A.; PICKETT, S.T.A. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. *Annual review of ecology and systematics*, Palo Alto, v.11, p.287-310, 1980.
- BARRELA, W.; PETRERE JUNIOR, M.; SMITH, W.S.; MONTAG, L.F.A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Eds). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/Fapesp, 2000. p.187-207
- BOGNOLA, I.A.; PRADO, H.; MENK, J.R.F.; JOAQUIM, A.C.; LEPSCH, I.F. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Assis: 2- memorial descritivo. *Boletim Científico IAC*, Campinas, n.8, p.1-54, 2003.
- BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American rain forest in the light of successional processes. *Turrialba*, Turrialba, v.15, p. 40-42, 1965.

- CABIN, J.C.; WELLER, S.G.; LORENCE, D.H.; CORDELL, S.; HADWAY, L.J.. Effects of microsite, water, weeding, and direct seeding on the regeneration of native and alien species within a Hawaiian dry forest preserv. **Biological Conservation**, Barking, v.104, p.101-190, 2002.
- CORREA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1984. 6v.
- CRESTANA, M.S.M.; TOLEDO FILHO, D.V.; CAMPOS, J.B. **Florestas: sistemas de recuperação com essências nativas**. Campinas: CATI, 1993. 60p.
- DENSLOW, J.S. Gap partitioning among tropical rain forest trees. **Biotropica**, Lawrence, v.12, p.47-55, 1980.
- DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H.F. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.7, n.2, p.197-239, 1995.
- GUARIGUATA, M.R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.148, p.185-205, 2001.
- GUILHERME, F.A.G. Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria, Brasília, DF. **Cerne**, Lavras, v.6, n.1, p.60-66, 2000.
- HAGGAR, J.; WIGHTMAN, K.E.; FISHER, K. The potential of plantations to foster woody regeneration within a deforested landscape in lowland Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.99, p.55-64, 1997.
- HARRINGTON, R.A.; EWEL, J.J. Invasibility of tree plantations by native and non-indigenous plant species in Hawaii. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.99, p.153-162, 1997.
- HOWE, H.F. Seed dispersal by fruit-eating birds e mamals. In MURRAY, D.R. (Ed). **Seed dispersal**. New York: Academic Press, 1986. p.123-183.
- JOLY, C.A.; SPIGOLON, J.R.; LIEBERG, S.A.; SALIS, S.M.; AIDAR, M.P.M.; METZGER, J.P.; ZICKEL, C.S.; LOBO, P.C.; SHIMABUKURO, M.T.; MARQUES, M.C.M.; SALINO, A. Projeto Jacaré Pepira: o desenvolvimento de um modelo de recomposição de mata ciliar com base na florística regional. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/Fapesp, 2000. p.271-287, 2000.
- KABAKOFF, R.P.; CHAZDON, R.L. Effects of canopy species dominance on understorey light availability in low-elevation secondary forest stands in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.12, p.779-788, 1996.
- KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.; CARPANEZZI, A.A. Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.130-143, 1989.
- KRONKA, J.F.N.; NALON, M.A.; MATSUKUMA, C.K.; PAVÃO, M.; YWANE, M.S.S.; KANASHIRO, M.M.; LIMA, L.M.P.R.; PIRES, A.S.; SHID, C.N.; FUKUDA, J.C.; GUILLAUMON, J.R. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente / Imprensa Oficial, 2005. 200p.
- LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/Fapesp, 2000. p.33-44
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998. v.2, 352p.
- LUGO, A. Comparison of tropical tree plantation with secondary forests of similar ages. **Ecological monographs**, Durham, v.6, n.1, p.1-41, 1992.
- McCLANAHAN, T.R.; WOLFE, R.W. Accelerating forest succession in a fragmented landscape: the role of birds and perches. **Conservation Biology**, Barking, v.7, n.2, p.279-288, 1993.

- MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1998. 179p.
- MARINHO-FILHO, J.; GASTAL, M.L. Mamíferos das matas ciliares dos cerrados do Brasil Central. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Eds). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/Fapesp, 2000. p.209-222.
- METZGER, J.P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.71, n.3-I, p.445-463, 1999.
- PARROTA, J.A.; KNOWLES, O.H.; WUNDERLE JR., J.M. Development of floristic diversity in 10 year-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.99, p.21-42, 1997.
- PULITANO, F.M.; DURIGAN, G. A mata ciliar da Fazenda Cananéia: estrutura e composição florística em dois setores com idades diferentes. In: VILAS BOAS, O.; DURIGAN, G. **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. São Paulo, Páginas e Letras, 2004. p.419-445.
- REIS, A.; ZAMBONIM, R.M.; NAKAZONO, E.M. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta animal. **Caderno Reserva da Biosfera**, n.14, p.1-42, 1999.
- RICHARDS, P. **The tropical rain forest: an ecological study**. 2.ed. New York: Cambridge, 1976. 575p.
- RODRIGUES, L.N. **Estudo de sucessão em floresta estacional semidecidual de encosta íngreme na cuesta de São Pedro, SP**. 1998. 110p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- ROBINSON, G.R.; HANDEL, S.N. Forest restoration on a closed landfill: rapid addition of new species by bird dispersal. **Conservation Biology**, Barking, v.7, n.2, p.271-278, 1993.
- SÃO PAULO. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Resolução do Secretário Estadual do Meio Ambiente número 48, de vinte e um de setembro de 2004. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 22 set. 2004. Seção I, p.26-28.
- SHAPIRO, S.J.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Cambridge, v.52, p.597-611, 1965.
- SILVA JR., M.C.; SCARANO, F.R.; CARDEL, F.S. Regeneration of an Atlantic forest formation in the understorey of a *Eucalyptus grandis* plantation in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 11, p.147-152, 1995.
- SILVEIRA, E.R.; DURIGAN, G. Recuperação da matas ciliares: estrutura da floresta e regeneração natural aos 10 anos em diferentes modelos de plantio na Fazenda Canaçu, Tarumã, S.P. In: VILAS BOAS, O.; DURIGAN, G. **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. São Paulo: Páginas e Letras, 2004. p.347-370
- SOUZA, F.M.; BATISTA, J.L.F. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.191, p.185-200, 2004.
- TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima (São Paulo, Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v.59, n.2, p.239-250, 1999.
- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p,
- WHITMORE, T.C. **Tropical rain forests of far east**. Oxford: University Press, 1975.
- WUNDERLE JR, J.M. The role of seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.99, p.223-235, 1997.

Recebido em 03/02/2006

Aceito para publicação em 20/03/2007