

Atributos de espécies arbóreas e a facilitação da
regeneração natural em plantio heterogêneo de mata ciliarTree species attributes and facilitation of natural
regeneration in heterogeneous planting of riparian vegetationAntonio Carlos Galvão de Melo¹, Camila Daronco², Danilo Scorzoni Ré³ e Giselda Durigan¹**Resumo**

As interações ecológicas entre espécies, tanto positivas como negativas, exercem forte influência sobre a estruturação das comunidades vegetais e a sua compreensão pode contribuir para o aprimoramento das técnicas de restauração ecológica. Para verificar se ocorre facilitação da regeneração natural pelas árvores plantadas em mata ciliar em região de Cerrado, aos dez anos, selecionamos, como unidades amostrais, 91 indivíduos, pertencentes a seis espécies arbóreas, representantes de diferentes grupos funcionais pela síndrome de dispersão, deciduidade e capacidade de fixar nitrogênio. Clareiras presentes no plantio de restauração foram amostradas como controle. Como variáveis explanatórias para a densidade e riqueza de plantas em regeneração, analisamos as espécies, os atributos funcionais, o porte das árvores e o ambiente sob as copas (biomassa de gramíneas, fluxo de luz e umidade do solo). Observamos grande variação na densidade e riqueza de regenerantes sob as diferentes espécies plantadas que podem ser explicadas, em parte, pela deciduidade, mas principalmente pelo tamanho e formato da copa, que influenciam na disponibilidade de luz para as plantas em regeneração. Os resultados obtidos indicam que, para restauração de matas ciliares em região de Cerrado, espécies de copa ampla e de crescimento rápido tendem a desencadear mais rapidamente os processos de regeneração natural sob suas copas e, portanto, devem ser prioritárias.

Palavras-chave: ecologia da restauração, filtros ecológicos, interações planta-planta, matas ciliares, regras de montagem.

Abstract

Ecological interactions among species, both positive and negative, have a strong influence on the structure of plant communities and their comprehension can contribute to the improvement of techniques for ecological restoration. Facilitation of natural regeneration by trees planted in riparian forest restoration in the Cerrado region was the subject of this study. We sampled 91 trees ten years old, belonging to six species representing different functional groups by seed dispersal syndrome, deciduousness, and Nitrogen-fixing ability. Gaps created by failures in the initial planting were sampled as controls. Density and richness of regenerating plants were used as response variables. The species, their functional attributes, tree size and the environment under the canopy (grass biomass, light flux and soil moisture) were used as explanatory variables. Density and richness of woody plants under the different species varied greatly among species. Variation was partially explained by deciduousness, but mostly by canopy size and shape, which modify the availability of light to plants in the understory. Restoration of riparian forests in the cerrado region by planting trees should prioritize species with the following attributes: large canopy, fast growing, and a certain level of deciduousness. Such species can trigger natural regeneration processes under their canopies and therefore should accelerate restoration.

Keywords: restoration ecology, ecological filters, plant-plant interactions, riparian forests, assembly rules.

INTRODUÇÃO

A potencialização de processos naturais como forma de otimizar resultados da restauração ecológica, tanto em termos ecológicos, como finan-

ceiros, tem sido alvo de grande discussão (LAMB; ERSKINE; PARROTA, 2005; WALKER; WALKER; HOBBS, 2007; CORBIN; HOLL, 2012), sendo, para tanto, fundamental a compreensão das regras de montagem destas comunidades (HOBBS;

¹IF – Instituto Floresta do Estado de São Paulo / Floresta Estadual de Assis. Caixa Postal 104, 19807-260, Assis, SP. E-mail: acgmelo@gmail.com.

²UNESP – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” / Departamento de Ciência Florestal. Campus de Botucatu, Botucatu, SP. E-mail: camiladaronco@yahoo.com.br.

³UNESP – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” / Departamento de Ciência Florestal. Campus de Botucatu, Botucatu, SP. E-mail: danilo.re@br.experian.com.

NORTON, 2004). Dentre os mais importantes processos para a montagem de comunidades em restauração destaca-se a facilitação, que pode ser definida como o conjunto de interações positivas entre espécies, onde pelo menos uma delas é beneficiada, não causando dano a outras, tornando as espécies capazes de explorar maior quantidade de recursos disponíveis e aumentando o uso do espaço do nicho fundamental (BRUNO; STACHOWICZ.; BERTNESS, 2003). O conceito de facilitação é um dos fundamentos teóricos do chamado “framework species method” (GOOSEM; TUCKER, 1995; BLAKESLEY et al., 2002), em que a escolha das espécies a plantar em dado local se baseia no seu desempenho para desencadear processos ecológicos relevantes. Espécies vegetais facilitadoras – “nurse plants” - podem contribuir estabilizando o solo (GOTELLI, 2007), ampliando a disponibilidade de nutrientes e água (CALLAWAY, 1995; XIONG et al., 2003; GOTELLI, 2007), modificando a incidência de luz (FIGUEROA-RANGEL; OLIVERA-VARGAS, 2000; BRUNO; STACHOWICZ; BERTNESS, 2003; GANDOLFI, 2003; XIONG et al., 2003), ofertando recursos a espécies animais dispersoras (FIGUEROA-RANGEL; OLIVERA-VARGAS, 2000) e influenciando o fluxo do vento (BAUMEISTER; CALLAWAY, 2006). Embora pouco documentada em ambientes tropicais, a facilitação é um processo que pode ocorrer em diferentes condições climáticas (CALLAWAY, 1995).

Os efeitos da facilitação são mais evidenciados em ambientes onde fatores abióticos estressantes ou herbivoria limitam o desempenho das espécies (PADILLA; PUGNAIRE, 2006). Portanto, em ecossistemas extremamente degradados, a introdução de espécies facilitadoras da regeneração natural pode ser o primeiro passo rumo à restauração (BROOKER et al., 2008). A facilitação tem sido apontada como um dos processos que potencializariam os resultados da restauração (TEMPERTON; ZIRR, 2004; MENNINGER; PALMER, 2006) e as espécies facilitadoras atuariam como filtros ecológicos influenciando a composição de espécies e a trajetória sucessional do ecossistema em formação (HOBBS; NORTON, 2004; TEMPERTON; HOBBS, 2004). Padilla e Pugnaire (2006) sugerem o plantio de espécies que sejam capazes de melhorar as condições ambientais para o estabelecimento de plântulas que venham a ampliar o conjunto de espécies nas áreas em restauração.

Apesar de sua importância potencial para a restauração, a facilitação tem sido mais estudada

como processo natural na sucessão em ambientes naturalmente severos (BROOKER et al., 2008; BONANOMI; INCERTI; MAZZOLEN, 2011) ou severamente perturbados. Poucos são os estudos voltados ao entendimento e aplicação da facilitação às atividades de restauração. Exemplos desta abordagem têm sido a amplificação de entrada e recrutamento de novos propágulos (BRUEL; MARQUES; BRITZ, 2010; LEITÃO, MARQUES; CECCON, 2010; ZWIENER et al., 2013), a facilitação indireta pela eliminação de plantas invasoras (MODNA; DURIGAN; VITAL, 2010), a variabilidade interespecífica na facilitação (SAMPAIO; HOLL; SCARIOT, 2007), teste de técnicas baseadas na facilitação (ZANINI; GANADE, 2005) e melhoria nas condições do solo pelas plantas facilitadoras (PRIETO et al., 2011).

No presente estudo, a facilitação foi avaliada com base na abundância e riqueza de espécies lenhosas sob as árvores plantadas em projeto de restauração florestal. Os objetivos do estudo foram: 1) verificar se ocorre facilitação pelas espécies arbóreas utilizadas no plantio e 2) elucidar os mecanismos envolvidos na regeneração de espécies nativas sob a copa das árvores plantadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Local

O plantio de restauração de mata ciliar que foi objeto de estudo foi realizado no ano 2001, na Floresta Estadual de Assis, município de Assis, SP, sob as coordenadas 22°36'40"S e 50°24'30"W, a 550 m de altitude, situado às margens do Córrego do Barro Preto, pequeno contribuinte da bacia do Rio Paranapanema. O solo da área de estudo é classificado como Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, com lençol freático pouco profundo e o tipo climático é Cwa, segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica anual média de 1.480 mm, sujeito a geadas esporádicas e temperatura média anual de 21,8°C (MELO; DURIGAN; KAWABATA, 2004).

A vegetação original da região é classificada como Cerrado, predominando a fisionomia cerrado nas áreas naturais remanescentes em zonas de interflúvio nas proximidades (PINHEIRO; DURIGAN, 2009). Junto à área restaurada existe uma pequena ilha de mata ciliar nativa, que é a fonte mais provável de propágulos para colonização da comunidade em restauração, além de exuberante sub-bosque sob os talhões comerciais de *Pinus* sp. na vizinhança (ABREU et al., 2011).

Na área em restauração, com 30.000 m², foram plantadas 26 espécies (pioneiras e não pioneiras, nativas e exóticas) aleatoriamente distribuídas, em espaçamento de 3 m x 2 m. O preparo do terreno para o plantio compreendeu a roçada mecanizada das gramíneas que ocupavam toda a área, o sulcamento mecanizado e o coveamento manual nos sulcos. Não foram aplicados corretivos ou fertilizantes. Foi realizado combate a formigas cortadeiras com isca granulada durante dois anos após o plantio.

Desenho amostral e coleta de dados

Noventa e uma árvores plantadas, de diferentes espécies (Tabela 1), aleatoriamente distribuídas na área reflorestada, foram utilizadas como unidades amostrais, sendo a coleta de dados realizada aos dez anos após o plantio. Selecionamos indivíduos distantes entre si, de forma a evitar sobreposição de copas. Considerando que a arquitetura e o porte da árvore poderiam influenciar os processos de regeneração natural, para cada indivíduo tomamos as medidas de circunferência à altura do peito (CAP), diâmetro de copa - obtido pela média entre o maior e o menor diâmetro da projeção da copa sobre o solo, conforme descrito por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), altura total da árvore e altura inferior de copa, em relação ao terreno. Com base nas medidas, estimamos o volume da copa (calculada pelo volume do cilindro) e calculamos a área transversal (secção do tronco à altura do peito - 1,30 m). Cada indivíduo foi classificado de acordo com os atributos funcionais da espécie a que pertence, pela síndrome de dispersão (zoocóricas ou não zoocóricas), deciduidade (perenifólias ou não perenifólias) e capacidade de fixar nitrogênio (fixadoras ou não fixadoras de nitrogênio). Para a categorização das espécies em grupos funcionais (Tabela 1) consultamos Almeida-Neto et al. (2008), Lorenzi (1998, 2003), Ramalho (2003) e USDA (2011).

Todas as plantas em regeneração pertencentes a espécies arbóreas, dentro do raio de 1,78 m a partir do tronco de cada indivíduo plantado (10 m²), foram identificadas e contabilizadas, desde que tivessem pelo menos um par de folhas além das folhas cotiledonares.

Dezoito clareiras presentes no plantio de restauração, geradas pela morte de mudas plantadas, foram amostradas como controle, a fim de caracterizar o processo natural de regeneração na ausência de árvores plantadas. No centro de cada uma das clareiras amostramos a comunidade arbórea em regeneração em parcela de 10 m², seguindo os mesmos procedimentos que foram adotados sob as árvores plantadas.

Como fatores que poderiam explicar os processos de regeneração, quantificamos a interceptação do fluxo de luz, a umidade do solo e a ocupação por gramíneas sob cada árvore. Dados de fluxo de luz foram coletados em três pontos sob cada árvore plantada, utilizando-se um par de luxímetros digitais para medidas simultâneas em cada ponto e a céu aberto. As medidas foram tomadas a 1 m de distância do tronco, sempre a 1,30 m acima da superfície do solo e para as análises utilizamos o valor médio dos três pontos. A diferença entre o valor obtido sob cada árvore e a céu aberto, expressa em porcentagem do valor a céu aberto, foi utilizada como variável representativa da luz que é interceptada pela copa de cada árvore.

A umidade do solo sob cada indivíduo foi determinada pelo método gravimétrico (EMBRAPA, 1997), a partir de uma amostra de solo superficial, composta por quatro sub-amostras, extraídas na profundidade de 0-20 cm, em quatro pontos equidistantes, a 1 m do tronco. As amostras foram coletadas aos 10 dias após chuva superior a 30 milímetros.

A ocupação do terreno pelo capim braquiária (*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster) foi diagnosticada por meio da quantificação de sua

Tabela 1. Espécies, atributos funcionais e número de indivíduos amostrados em plantio de restauração de mata ciliar em região de Cerrado, aos dez anos, em Assis, SP. Z = zoocórica; NZ = não zoocórica, P = perenifólia, NP = não perenifólia; F = fixadora de nitrogênio; NF = não fixadora de nitrogênio.

Table 1. Species, functional attributes, and number of sampled trees in restoration planting in riparian forest in Cerrado region, in Assis, SP. Z = zoochorous NZ = non zoochorous, P = evergreen, NP = non evergreen; F = nitrogen fixing; NF = non nitrogen fixing.

Espécie	Síndrome de Dispersão	Caducifolia	Fixação N	n
<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul	NZ	NP	F	20
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	NZ	NP	NF	15
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Z	P	F	16
<i>Inga vera</i> Willd.	Z	NP	F	10
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Z	P	NF	15
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Z	P	NF	15
Total amostrado	Z = 56 NZ = 35	P = 46 NP = 45	F = 46 NF = 45	91

biomassa. Dentro de cada parcela sob a copa das árvores delimitamos três subparcelas de 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m) equidistantes ao redor do tronco, formando entre si um ângulo de 120°, sendo a biomassa amostrada em apenas uma das subparcelas, escolhida por sorteio. Para a coleta da biomassa aérea, o capim foi cortado a 10 cm acima do solo, conforme prevê método descrito por Comastri Filho e Pott (1982). O material coletado foi seco em estufa à temperatura de 70°C até peso constante e então pesado em balança de precisão.

Análise de dados

As variáveis dendrométricas e ambientais foram comparadas entre espécies por meio de análise de variância, seguida do Teste Tukey. Para área transversal foi feita transformação por log e para biomassa de braquiária por raiz quadrada, para estabilização da variância. Interceptação de luz e umidade do solo, expressos em porcentagem, foram transformados por $\arcsin \sqrt{p/100}$, onde p é a porcentagem calculada.

Densidade e riqueza de regenerantes foram comparadas entre as espécies plantadas e o controle por análise de variância (ANOVA), a fim de diagnosticar possível processo de facilitação por alguma das espécies avaliadas. Para cada característica funcional (dispersão, deciduidade e fixação de nitrogênio) realizamos a comparação de densidade e riqueza das plantas em regeneração entre os grupos de árvores pertencentes a cada categoria, por meio de análise de variância (ANOVA). Os valores de densidade e riqueza foram transformados por raiz quadrada para atender aos pressupostos de normalidade.

Avaliamos a influência dos diferentes atributos funcionais (zoocoria, caducifolia e fixação de nitrogênio) e das variáveis ambientais (interceptação de luz, biomassa de braquiária e umidade do solo) e dendrométricas sobre a

densidade e riqueza de regenerantes utilizando a regressão stepwise para os modelos construídos utilizando modelos lineares generalizados, com o uso do critério de informação de Akaike (AIC) como critério de inclusão de variáveis preditoras (HOBBS; HILBORN, 2006). Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014).

Por meio de análises de correlações constatamos que a variável diâmetro de copa apresentou alta correlação com as demais variáveis dendrométricas, exceto com a variável altura inferior de copa. Por este motivo, apenas estas duas variáveis dendrométricas foram incluídas no conjunto de variáveis submetidas ao teste *stepwise*.

A partir das regressões, foi calculada a Razão de Taxa, que consistiu na relação de aumento de densidade e riqueza de regenerantes para cada unidade da variável preditora, por meio de exponencial da estimativa, para quantificar a contribuição de cada variável na regeneração natural.

RESULTADOS

Comparação entre as espécies plantadas

Encontramos diferenças estruturais (Tabela 2), e também no ambiente sob as copas das árvores plantadas e na comunidade de plantas lenhosas em regeneração.

Inga vera e *Croton floribundus* apresentaram-se como as espécies de maior dimensão para a maior parte das variáveis e na posição oposta colocou-se *Schinus terebinthifolius*, com os menores indivíduos. As outras espécies mantiveram-se em posições intermediárias. A altura inferior da copa foi a variável que apresentou mais clara distinção entre espécies, com um grupo de copa elevada (*Croton floribundus*, *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* e *Inga vera*) e um grupo de copa baixa (*Inga laurina*, *Schinus terebinthifolius* e *Syzygium cumini*).

Tabela 2. Variáveis dendrométricas de espécies arbóreas em plantio de restauração de mata ciliar em região de Cerrado, aos dez anos, em Assis, SP. HT = altura total, HIC = altura inferior da copa, DC = diâmetro da copa, VC = volume da copa, G = área transversal, SE = erro-padrão da média. Valores seguidos de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste Tukey.

Table 2. Dendrometric variables of arboreal species in restoration planting in riparian forest in the Cerrado region, at ten years, in Assis, SP. HT = total height, HIC = lower crown height, DC = crown diameter, VC = crown volume, G = basal area, SE = standard error. Different letters in the same column indicate differences at level of $p < 0,05$ by Tukey test.

	HT (m)		HIC (m)		DC (m)		VC (m ³)		G (cm ²)	
	Média	SE	Média	SE	Média	SE	Média	SE	Média	SE
<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i>	7,3b	0,5	3,7a	0,2	5,0bc	0,5	108,0bc	32,0	213,2b	59,0
<i>Croton floribundus</i>	8,3ab	0,4	2,8a	0,4	6,5ab	0,6	223,5 b	51,7	293,8ab	59,5
<i>Inga laurina</i>	7,6ab	0,3	1,5b	0,2	5,7b	0,3	169,7ab	20,8	456,0a	64,0
<i>Inga vera</i>	9,1a	0,4	3,6a	0,4	7,8a	0,6	284,8a	51,5	483,3a	72,2
<i>Schinus terebinthifolius</i>	3,4c	0,2	0,7b	0,0	3,4c	0,2	27,3c	4,3	20,9c	4,8
<i>Syzygium cumini</i>	7,0b	0,4	0,9b	0,3	4,9bc	0,3	129,8bc	21,0	198,0b	44,6

O ambiente sob as árvores plantadas apresentou grande variação entre as espécies. *Inga laurina* e *Syzygium cumini* proporcionaram maiores proporções de interceptação do fluxo de luz (Figura 1A) – 97,6% e 95,1%, respectivamente – e *Schinus terebinthifolius* a menor – 64,6%. A umidade do solo variou de 6,8% sob *Inga vera* a 11,2% sob *Syzygium cumini*, porém a alta dispersão dos valores observados não permitiu detectar diferenciação entre as espécies (Figura 1B).

O capim braquiária (*Urochloa decumbens*) apresentou biomassa de 531,67 g m⁻² nas parcelas controle, situação muito diferenciada do ambiente sob as copas, em que o maior valor encontrado foi de 27,86 g m⁻² sob *Schinus terebinthifolius* e o menor valor foi de 0,58 g m⁻² sob *Inga laurina* (Figura 2A).

A densidade (Figura 2B) e a riqueza (Figura 2C) de plantas lenhosas em regeneração apresentaram diferença entre as espécies e o controle. A densidade de regenerantes variou de 3.722 plantas ha⁻¹ no controle até 19.187 plantas ha⁻¹ sob *Inga laurina*. O número médio de espécies regenerantes amostradas por parcela variou desde duas espécies no controle e sob a copa de *Syzygium cumini* a cinco espécies sob a copa de *Inga vera*. Todas as espécies mostraram-se capazes de reduzir a biomassa de braquiária em relação ao controle. Entretanto, somente *Inga vera*, *Croton floribundus* e *Inga laurina* apresentaram densidade de regenerantes superior à das clareiras controle. Para riqueza de regenerantes, apenas *I. vera* e *C. floribundus* superaram o controle.

Comparação entre grupos funcionais

A densidade e a riqueza de regenerantes não diferiram quando as árvores plantadas foram agrupadas pela síndrome de dispersão (F=0,136; p=0,7143 e F=1,0685; p=0,3047, respectivamente) ou pela capacidade das espécies em fixar nitrogênio por meio de associação simbiótica (F= 2,7715; p=0,0956 e F=1,4511; p=0,2295, respectivamente). Houve diferença entre grupos funcionais apenas quanto à deciduidade e apenas para riqueza de regenerantes (F=5,8732; p=0,0165). Sob as árvores não perenifólias foram encontradas mais espécies regenerantes (cinco espécies por árvore) do que sob as árvores perenifólias (três espécies por árvore), embora as densidades de regenerantes (13.444 e 11.630 plantas ha⁻¹, respectivamente) não tenham se diferenciado (F=1,1266; p=0,2914).

Interações entre fatores atuantes sobre a regeneração natural

As análises de regressão múltipla mostraram que, dentre as variáveis testadas referentes às características funcionais, características dendrométricas e variáveis ambientais medidas sob as copas das árvores, as que influenciaram significativamente a densidade de regenerantes foram altura inferior de copa (p=0,035) e interceptação de luz pela copa (p=0,0137). A densidade de regenerantes aumenta com o aumento da altura inferior da copa e com o aumento da interceptação de luz (Tabela 3). As Razões de Taxa calculadas indicam maior contribuição da altura inferior da copa do que da interceptação de luz para a densidade de regenerantes (1,1701 e 1,0132, respectivamente).

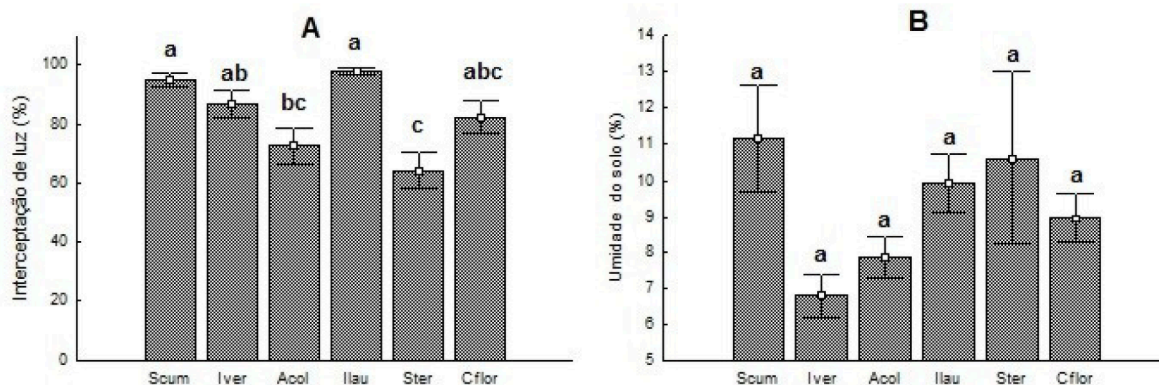


Figura 1. Interceptação de luz (A) e umidade do solo (B) sob diferentes espécies em plantio de restauração de mata ciliar, em região de Cerrado, aos dez anos, em Assis, SP. *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Acol), *Croton floribundus* (Cflo), *Inga laurina* (Ilau), *Inga vera* (Iver), *Syzygium cumini* (Scum), *Schinus terebinthifolius* (Ster). Colunas indicam a média e barras verticais indicam o erro padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ($p < 0,05$) pelo test Tukey.

Figure 1. Light interception (A) and soil humidity (B) under different species in restoration planting in riparian forest in the Cerrado region, in Assis, SP. *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Acol), *Croton floribundus* (Cflo), *Inga laurina* (Ilau), *Inga vera* (Iver), *Syzygium cumini* (Scum), *Schinus terebinthifolius* (Ster). Bars indicate mean values and vertical lines indicate standard error. Different letters indicate differences at the level of $p < 0,05$ by Tukey test.

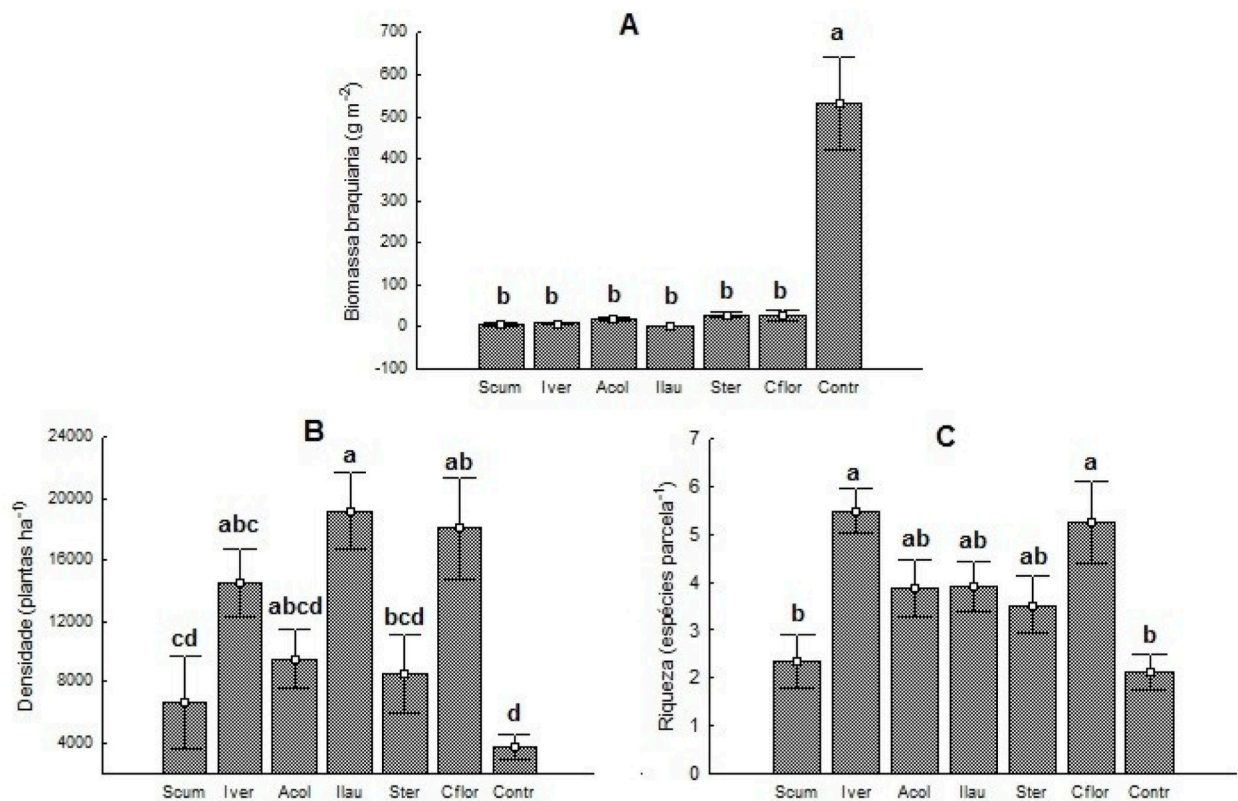


Figura 2. Biomassa de braquiária (A), densidade (B) e riqueza (C) de regenerantes sob a copa de diferentes espécies em plantio de restauração de mata ciliar em região de Cerrado, aos dez anos, e em parcelas controle, em Assis, SP. *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Acol), *Croton floribundus* (Cflo), *Inga laurina* (Ilau), *Inga vera* (Iver), *Syzygium cumini* (Scum), *Schinus terebinthifolius* (Ster), Controle (Contr). Colunas indicam a média e barras verticais indicam o erro padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ($p < 0,05$) pelo teste Tukey..

Figure 2. Braquiaria grass biomass (A), density (B) and richness (C) of regenerating plants under the crown of different species in restoration planting in riparian forest in the Cerrado region, at ten years, and in control plots in Assis, SP. *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Acol), *Croton floribundus* (Cflo), *Inga laurina* (Ilau), *Inga vera* (Iver), *Syzygium cumini* (Scum), *Schinus terebinthifolius* (Ster), Controle (Contr). Bars indicate mean values and vertical lines indicate standard error. Different letters indicate differences at the level of $p < 0,05$ by Tukey test.

Tabela 3. Resultados da regressão *stepwise* para as variáveis que explicam densidade e riqueza de regenerantes sob a copa das árvores em um plantio de reflorestamento de mata ciliar, aos dez anos, em Assis, SP.

Table 3. Results of stepwise regression for variables that explain density and richness of regeneration layer under trees in a ten years old restoration planting in riparian forest in Assis, SP.

	Estimativa	p	Razão de taxa
Densidade			
Intercepto	7,9497	< 0,0001	-
Altura inferior da copa	0,1571	0,035	1,1701
Interceptação de luz	0,0131	0,0137	1,0132
Riqueza			
Intercepto	0,7304	< 0,0001	-
Altura inferior da copa	0,1152	0,0036	1,1221
Diâmetro da copa	0,0678	0,0188	1,0702

A riqueza de espécies mostrou-se condicionada por duas variáveis dendrométricas: altura inferior da copa ($p=0,0036$) e diâmetro da copa ($p=0,0188$), sendo positivamente relacionada com ambas. Entre essas duas variáveis, a altura inferior da copa constitui fator mais importante que o diâmetro de copa a condicionar a ampliação da riqueza sob as árvores plantadas (Razão de Taxa de 1,1221 e 1,0702, respectivamente).

DISCUSSÃO

Um fato importante a destacar é que, dentre as espécies arbóreas sob a quais se investigou a regeneração natural, nenhuma ocorre naturalmente em matas ciliares em região de Cerrado. A facilitação, portanto, não foi um processo que envolveu relações ecológicas que dependessem exclusivamente de espécies plantadas que fos-

sem nativas localmente, mas sim da criação de condições ecológicas propícias à instalação de outras espécies. A criação destas condições pode ocorrer até mesmo em plantios monoespecíficos, desde que as mudanças das condições ecológicas promovidas pelas árvores plantadas favoreçam o aumento crescente da riqueza, como já discutido por Lamb (1998), Brockerhoff et al. (2008) e Viani, Durigan e Melo (2010).

As espécies plantadas apresentaram desempenhos distintos com relação à capacidade de promover a entrada de novas espécies, que variou em duas vezes e meia para a riqueza amostrada até cerca de três vezes para a densidade de plantas regenerantes. As diferenças entre espécies estão associadas a diferenças nas suas características funcionais e dendrométricas, que poderiam, de acordo com a definição dada por Bruno, Stachowicz e Bertness (2003), alterar o ambiente e facilitar o estabelecimento de outras espécies.

Com relação à influência das características funcionais estudadas, detectamos efeitos diferenciados apenas para as árvores não perenifólias, sob as quais amostramos maior número de espécies do que sob as perenifólias. A queda parcial ou total de folhas ocasiona a diminuição da interceptação da chuva e do consumo de água pela planta adulta e proporciona o aumento temporário da entrada de luz (GANDOLFI; JOLY; RODRIGUES, 2007), além do aumento da camada de serapilheira, que mantém a umidade do solo (AMIOTTI et al., 2000; BRESHEARS et al., 1997) e libera nutrientes para a camada superficial do solo. Desta forma, o ambiente sob as copas dessas espécies torna-se menos restritivo em termos de disponibilidade de recursos, permitindo o estabelecimento de maior número de espécies.

Esperava-se que a dispersão zoocórica fosse uma característica a favorecer a chegada de outras espécies na área em restauração, pois animais dispersores de sementes podem ser atraídos pelos frutos de determinadas árvores (CHIMERA; DRAKE, 2010). Entretanto, este atributo funcional não explicou a facilitação neste estudo. Outros estudos recentes em áreas em restauração relativizam a importância desta característica funcional das árvores na facilitação da entrada de novas plantas no ecossistema (COSTA, 2008; GUERIN, 2010). A maior frequência de fauna tem se mostrado associada a outros atributos da árvore além da síndrome de dispersão de seus frutos. Como exemplos, a arquitetura da copa, que pode ser mais atrai-

oferta de outros recursos como néctar, que pode atrair a fauna diretamente em busca de alimento ou indiretamente em busca de insetos que se alimentam do néctar (WYDHAYAGARN et al., 2009). Campos (2010), avaliando a regeneração sob a copa de três espécies lenhosas pioneiras, constatou que as copas mais altas atraíam mais animais dispersores, aumentando a deposição de sementes sob suas copas. As aves empoleiraram-se em estruturas mais altas para terem melhor visão de predadores, sejam eles outras aves ou predadores terrestres (MCDONNELL, 1986). Os valores semelhantes de riqueza e densidade de regenerantes entre espécies zoocóricas e não zoocóricas neste estudo indicam que as relações complexas da fauna com as espécies plantadas precisam ser melhor compreendidas para que possam subsidiar a escolha de espécies para a restauração. Bonanomi, Incerti e Mazzoleni (2011), em análise de informações procedentes de vários ecossistemas diferentes, afirmam que as espécies de frutos carnosos, geralmente zoocóricas, são mais freqüentemente beneficiárias do que facilitadoras. Priorizar espécies zoocóricas é negligenciar todas as outras maneiras pelas quais uma espécie plantada pode atrair a fauna e beneficiar a regeneração natural. Árvores mais altas e de copa mais ampla talvez devam ser priorizadas em projetos de restauração quando se busca atrair a fauna dispersora de sementes.

Espécies fixadoras de nitrogênio podem disponibilizar nutrientes pela deposição e decomposição da serapilheira e pela ação das raízes (BONANOMI; 2011), de modo que podem aumentar a fertilidade do solo e facilitar o estabelecimento de outras plantas. Entretanto, não foi observada diferença na densidade e riqueza de regenerantes sob a copa das árvores fixadoras e não fixadoras de nitrogênio, de modo que este atributo não promoveu a facilitação.

Não houve diferença na umidade do solo sob as diferentes espécies arbóreas analisadas. Esperávamos que as diferenças na densidade das copas, na quantidade de serapilheira depositada e na demanda hídrica entre espécies resultassem em diferenças na umidade do solo e que essas diferenças pudessem influenciar nos processos de facilitação. Porém, verificamos que os processos de facilitação não estiveram relacionados com a capacidade das árvores plantadas em proporcionar melhores condições de umidade do solo para as plântulas em regeneração.

As relações encontradas entre as plantas em regeneração natural e os fatores relacionados

com a disponibilidade de luz sob as copas (interceptação da luz vertical e altura inferior da copa) confirmam as observações de outros estudos que apontam a regulação da luz pelas árvores plantadas como importante mecanismo explicando a facilitação (FIGUEROA-RANGEL; OLIVERA-VARGAS, 2000; BRUNO; STACHOWICZ; BERTNESS, 2003; GANDOLFI, 2003; XIONG et al., 2003; GOTELLI, 2007; LÖF et al. 2014). Porém, a influência das árvores plantadas sobre a luz e suas consequências sobre a comunidade em regeneração sob as copas é complexa. Os resultados obtidos neste estudo mostram que as árvores com copas mais densas (que interceptam mais luz vertical) e com a parte inferior de suas copas mais elevada – portanto com maior abertura para entrada de luz lateral (em ângulos menores), têm maior capacidade de facilitar o estabelecimento de novas plantas. Aparentemente, a facilitação depende de um ponto ótimo de disponibilização de recursos – no caso a luz – sob as copas. Embora o aumento da regeneração natural sob reflorestamentos seja relacionado à maior disponibilização de luz (WYDHAYAGARN et al., 2009), gramíneas exóticas invasoras, que são um fator negativo pela competição que oferecem (CORBIN; D'ANTONIO, 2004), também são beneficiadas pela maior quantidade de luz. Ao reduzirem a incidência de luz vertical, as árvores de copa mais densa proporcionam a diminuição da biomassa de capins invasores, eliminando a competição como fator inibidor da regeneração, em processo de facilitação indireta (MODNA; DURIGAN; VITAL, 2010; HARRIS et al., 2012). Por outro lado, copas mais elevadas em relação ao terreno favorecem a chegada de propágulos (pela ação do vento e da fauna dispersora) e permitem a entrada de luz lateral, que não é suficiente para beneficiar as gramíneas, mas favorece o estabelecimento das espécies arbóreas. Além disso, copas mais elevadas resultam em condições de habitat mais diversificadas em relação à disponibilidade de luz do que copas que se aproximam da superfície do terreno, pois criam zonas permanentemente sombreadas no centro da copa e áreas periféricas com entrada de luz somente no início e final do dia. Essa diversificação possibilita a entrada de grupos de espécies com demandas diferenciadas de luz, com reflexos positivos na ampliação de riqueza do estrato regenerante, como observado por Campos (2010) e Nichols, Morris e Keith (2010). O fato da facilitação, neste estudo, estar também

positivamente associada à deciduidade reforça a importância dos mecanismos relacionados com o fator luz como indutores de regeneração natural nas áreas em restauração.

Apesar da estreita relação entre nível de sombreamento e gramíneas, o papel dessas espécies na montagem da comunidade em restauração não foi esclarecido neste estudo. A gramínea exótica *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster, observada no presente estudo, tem sido apontada como importante obstáculo à regeneração natural (DURIGAN et al., 1998; PIVELLO; SHIDA; MEIRELLES, 1999; CHEUNG; MARQUES; LIEBSCH, 2009; MODNA; DURIGAN; VITAL, 2010), podendo ser um filtro ecológico altamente restritivo à germinação e desenvolvimento das plantas em regeneração. Entretanto, a biomassa de capim não apareceu diretamente como fator determinante da riqueza ou densidade das plantas em regeneração, sugerindo que sua retirada do sistema, pelo efeito do sombreamento pelas árvores plantadas, sem que sejam alteradas outras variáveis ambientais, não seria suficiente para garantir o sucesso da restauração.

A montagem de comunidades em restauração é fruto da atuação de diferentes filtros ecológicos (HOBBS; NORTON, 2004) ao longo da sucessão. Na comunidade em estudo, a chegada das espécies (filtro da dispersão) parece não ser um obstáculo importante a ser vencido, uma vez que a paisagem é abundante em fontes de propágulos. As maiores restrições à incorporação de espécies no sistema estão relacionadas com a disponibilidade de luz, ou seja, trata-se de filtros ecológicos relacionados não à chegada, mas sim ao estabelecimento das espécies. Se, por um lado, uma copa ampla, densa e escura pode facilitar a germinação por inibir as gramíneas invasoras, o excesso de sombra pode dificultar o estabelecimento das espécies, especialmente as mais tardias da sucessão, de modo que passa a haver vantagem para árvores plantadas que perdem parcial ou totalmente as suas folhas, ou que têm a parte inferior da copa elevada em relação ao solo.

CONCLUSÕES

A facilitação pelas árvores plantadas, no ambiente estudado, mostrou-se relacionada com a modificação das condições de luz sob as copas, que, por sua vez, está mais associada ao porte das árvores do que aos atributos funcionais das espécies. Quanto maior o indivíduo, especial-

mente pela área de projeção de sua copa, mais abundante e diversificada será a comunidade em regeneração nessa área. Entre os atributos funcionais, apenas os que se relacionam com a entrada de luz exercem influência positiva, pior desempenho para espécies perenifólias. A recomendação é de que se priorizem, para a restauração de matas ciliares em condições ambientais semelhantes às deste estudo, espécies de copa ampla e elevada em relação ao terreno e de crescimento rápido. Espécies com tais atributos poderiam compor um conjunto de “*framework species*” para a restauração de matas ciliares em região de Cerrado, uma vez que tendem a desencadear mais rapidamente os processos de regeneração natural sob suas copas. O aumento de riqueza ocorrerá naturalmente, desde que existam fontes de propágulos na vizinhança. Novos estudos, englobando um conjunto maior de espécies e a investigação de outros atributos funcionais, poderão fortalecer os critérios para indicação de espécies com maiores chances de sucesso na restauração ecológica.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi realizada com recursos do Instituto Florestal do estado de São Paulo. Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de mestrado concedida a CD (Processo 2010/12694-4) e ao Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida a GD (Processo 303402/2012-1).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R. C. R.; ASSIS, G. B.; FRISON, S.; AGUIRRE, A.; DURIGAN, G. Can native vegetation recover after slash pine cultivation in the Brazilian Savanna? *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 262, n. 8, p. 1452-1459, 2011.

ALMEIDA-NETO, M.; CAMPASSI, F.; GALETTI, M.; JORDANO, P.; OLIVEIRA-FILHO, A. Vertebrate dispersal syndromes along the Atlantic forest: abroad-scale patterns and macroecological correlates. *Global Ecology and Biogeography*, Oxford, v. 17, p. 503-513, 2008.

AMIOTTI, N. M.; ZALBA, P.; SÁNCHEZ, L. F.; PEINEMANN, N. The impact of single-trees on properties of loess-derived grasslands soils in Argentina. *Ecology*, Washington, v. 81, n. 12, p. 3283-3290, 2000.

BAUMEISTER, D.; CALLAWAY, R. M. Facilitation by *Pinus flexilis* during succession: a hierarchy of mechanisms benefits others plants species. *Ecology*, Washington, v. 87, n. 7, p. 1816-1830, 2006.

BLAKESLEY, D.; ELLIOTT, S.; KUARAK, C.; NAVAKITBUMRUNG, P.; ZANGKUM, S.; ANUSARNSUNTHORN, V. Propagating framework tree species to restore seasonally dry tropical forest: implications of seasonal seed dispersal and dormancy. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 164, n. 1-3, p. 31-38, 2002.

BONANOMI, G.; INCERTI, G.; MAZZOLENI, S. Assessing occurrence, specificity, and mechanisms of plant facilitation in terrestrial ecosystems. *Plant Ecology*, Oxford, v. 212, n. 11, p.1777–1790, 2011

BRESHEARS, D. D.; RICH, P. M.; BARNES, F. J.; CAMPBELL, k. Overstory-imposed heterogeneity in solar radiation and soil moisture in a semiarid woodland. *Ecological Applications*, Ithaca, v. 7, n. 4, p. 1201-1215, 1997.

BROOKER, R. W.; MAESTRE, F. T.; CALLAWAY, R. M.; LORTIE, C. L.; CAVIERES, L. A.; KUNSTLER, G.; LIANCOURT, P.; TIELBÖRGER, K.; TRAVIS, J. M. J.; ANTHELME, F.; ARMAS, C.; COLL, L.; CORCKET, E.; DELZON, S.; FOREY, E.; KIKVIDZE, Z.; OLOFSSON, J.; PUGNAIRE, F.; QUIROZ, C. L.; SACCONI, P.; SCHIFFERS, K.; SEIFAN, M.; TOUZARD, B.; MICHALET, R. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. *Journal of Ecology*, London, v. 96, n. 1, p. 18-34, 2008.

BROCKERHOFF, E. G.; JACTEL, H.; PARROTTA, J. A.; QUINE, C. P.; SAYER, J. Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodiversity and Conservation*, Amsterdam, v. 17, n. 5, p. 925-951, 2008.

BRUEL, B. O.; MARQUES, M. C. M.; BRITZ, R. M. Survival and growth of tree species under two direct seedling planting systems. *Restoration Ecology*, Tucson, v. 18, n. 4, p. 414–417, 2010.

- BRUNO, J. F.; STACHOWICZ, J. J.; BERTNESS, M. D. Inclusion of facilitation into ecological theory. **Trends in Ecology and Evolution**, Maryland Heights, v. 18, n. 3, p. 119-125, 2003.
- CALLAWAY, R. M. Positive interactions among plants. **The Botanical Review**, New York, v. 61, n. 4, p. 306-349, 1995.
- CAMPOS, R.P. **Espécies lenhosas pioneiras apresentam diferentes potenciais de facilitação da regeneração natural em pastagens abandonadas?** 2010. 45 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- CHEUNG, K. C.; MARQUES, M. C. M.; LIEBSCH, D. Relação entre a presença de vegetação herbácea e a regeneração natural de espécies lenhosas em pastagens abandonadas na Floresta Ombrófila Densa do Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 23, n. 4, p. 1048-1056, 2009.
- CHIMERA, C. G.; DRAKE, D. R. Patterns of seed dispersal and dispersal failure in a Hawaiian dry forest having only introduced birds. **Biotropica**, Lawrence, v. 42, n. 4, p. 493-502, 2010.
- COMASTRI FILHO, J. A.; POTT, A. **Metodologia para avaliação de forrageiras**. 1.ed. Corumbá: EMBRAPA, 1982. 27 p.
- CORBIN, J. D.; D'ANTONIO, C. M. Competition between native perennial and exotic annual grasses: implications for an historical invasion. **Ecology**, Washington, v. 85, p. 1273–1283, 2004.
- CORBIN, J. D.; HOLL, K. D. Applied nucleation as a forest restoration strategy. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 265, p. 37-46, 2012.
- COSTA, J. N. M. N. **Efeito de diferentes modelos de plantios de restauração e dos grupos funcionais das espécies plantadas na estrutura da comunidade e suas contribuições na riqueza e diversidade da paisagem agrícola**. 2008. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- DURIGAN, G.; CONTIERI, W. A.; FRANCO, G. A. D. C.; GARRIDO, M. A. O. Indução do processo de regeneração da vegetação de cerrado em área de pastagem, Assis, SP. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 12, n. 3, p. 421-429, 1998.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- FIGUEROA-RANGEL, B. L.; OLIVERA-VARGAS, M. Regeneration patterns in relation to canopy species composition and site variables in mixed oak Forest in the Sierra de Manantlán Biosphere Reserve, México. **Ecological Research**, Kyoto, v. 15, n. 3, p. 249-261, 2000.
- GANDOLFI, S. Regimes de luz em Florestas Estacionais Semidecíduais e suas possíveis conseqüências. In: CLAUDINO-SALES, V. (Org.). **Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2003. p. 305-311.
- GANDOLFI, S.; JOLY, C. A.; RODRIGUES, R. R. Permeability – impermeability: canopy trees as biodiversity filters. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 4, p. 433-438, 2007.
- GOOSEM, S. G.; TUCKER, N. I. J. **Repairing the rainforest: theory and practice of rainforest re-establishment in North Queensland's wet tropics**. Cairns: Wet Tropics Management Authority, 1995. 71 p.
- GOTELLI, N. J. Sucessão. In: GOTELLI, N. J. **Ecologia**. Londrina: Editora Planta, 2007. p. 183-208.
- GUERIN, N. **Impacto da invasão e mecanismos de regeneração natural do cerrado em áreas ocupadas por *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon (Dennstaedtiaceae) no sudoeste do Estado de São Paulo**. 2010. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- HARRIS, C. J.; LEISHMAN, M. R.; FRYIRS, K.; KYLE, G. How does restoration of native canopy affect understory vegetation composition? Evidence from riparian communities of the Hunter Valley Australia. **Restoration Ecology**, Tucson, v. 20, n. 5, p. 584–592, 2012.
- HOBBS, N. T.; HILBORN, R. Alternatives to statistical hypothesis testing in ecology: a guide to self teaching. **Ecological Applications**, Tempe, v. 16, n. 1, p. 5-19, 2006.

- HOBBS, R. J.; NORTON, D. A. Ecological filters, thresholds, and gradients in resistance to ecosystem reassembly. In: TEMPERTON, V. M.; HOBBS, R. J.; NUTTLE, T.; HALLE, S. **Assembly rules and restoration ecology: bridging the gap between theory and practice**. Washington: Island Press, 2004. p. 72-95.
- LAMB, D. Large-scale ecological restoration of degraded tropical lands: the potential role of timber plantations. **Restoration Ecology**, Tucson, v. 6, n. 3, p. 271-279, 1998.
- LAMB, D.; ERSKINE, P. D.; PARROTA, J. A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. **Science**, Washington, v. 310, n. 5754, p. 1628-1632, 2005.
- LEITÃO, F. H. M.; MARQUES, M. C. M.; CECCON, E. Young restored forests increase seedling recruitment in abandoned pastures in the Southern Atlantic rainforest. **International Journal of Tropical Biology**, Costa Rica, v. 58, n. 4, p. 1271-1282, 2010.
- LÖF, M.; BOLTE, A.; JACOBS, D. F.; JENSEN, A. M. Nurse trees as a forest restoration tool for mixed plantations: effects on competing vegetation and performance in target tree species. **Restoration Ecology**, Tucson, v.22, n.6, p. 758-765, 2014. Disponível em <http://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.12136/>. Acesso em: 11 out. 2014.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2.ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998. 368 p.
- LORENZI, H. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. 1.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 391 p.
- MCDONNELL, M. J. Old Field vegetation height and the dispersal pattern of bird-disseminated woody plants. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, New York, v. 113, n. 1, p. 6-11, 1986.
- MELO, A. C. G.; DURIGAN, G.; KAWABATA, M. Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em área de Cerrado, Assis – SP. In: BÔAS, O. V.; DURIGAN, G. **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2004. p. 315-324.
- MENNINGER, H. L.; PALMER, M. A. Restoring ecological communities: from theory to practice. In: FALK, D. A., PALMER, M. A., ZEDLER, J. B. (Eds.) **Foundations of restoration ecology**. Washington: Island Press, 2006. p. 88-112.
- MODNA, D.; DURIGAN, G.; VITAL, M. V. C. *Pinus elliottii* Engelm como facilitador da regeneração natural da mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 73-83, 2010.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.
- NICHOLS, P. W. B.; MORRIS, E. C.; KEITH, D. A. Testing a facilitation model for ecosystem restoration: does tree planting restore ground layer species in a grassy woodland? **Austral Ecology**, Carlton South, v. 35, n. 8, p. 888-897, 2010.
- PADILLA, F. M.; PUGNAIRE, F. I. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 4, n. 4, p. 196-202, 2006.
- PINHEIRO, E. S.; DURIGAN, G. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 441-454, 2009.
- PIVELLO, V. R.; SHIDA, C. N.; MEIRELLES, S. T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, Amsterdam, v. 8, n. 9, p. 1281-1294, 1999.
- PRIETO, I. E.; PADILLA, F. M.; ARMAS, C.; PUGNAIRE, F. I. The role of hydraulic lift on seedling establishment under a nurse plant species in a semi-arid environment. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Amsterdam, v. 13, n. 3, p. 181-187. 2011.
- RAMALHO, P. E. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Versão 3.1.1 Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 11 out. 2014.

- SAMPAIO, A. B.; HOLL, K. D.; SCARIOT, A. Does restoration enhance regeneration of seasonal deciduous forests in pastures in Central Brazil? **Restoration Ecology**, Tucson, v. 15, n. 3, p. 462-471, 2007.
- TEMPERTON, V. M.; HOBBS, R. J. The search for ecological assembly rules and its relevance to restoration ecology. In: TEMPERTON, V. M.; HOBBS, R. J.; NUTTLE, T.; HALLE, S. **Assembly rules and restoration ecology: bridging the gap between theory and practice**. New York: Island Press, 2004. p. 34-53.
- TEMPERTON, V. M.; ZIRR, K. Order of arrival and availability of safe sites: an example of their importance for plant community assembly in stressed ecosystems. In: TEMPERTON, V. M.; HOBBS, R. J.; NUTTLE, T.; HALLE, S. **Assembly rules and restoration ecology: bridging the gap between theory and practice**. New York: Island Press, 2004. p. 285-304.
- USDA, ARS, National Genetic Resources Program. **Germplasm Resources Information Network - (GRIN)** [Online Database]. National Germplasm Resources Laboratory. Beltsville, Maryland, 12 de janeiro de 2011. Disponível em: <<http://www.ars-grin.gov/~sbmljw/cgi-bin/taxnodul.pl?language=en>>. Acesso em: 7 out. 2012.
- VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 533-552, 2010.
- XIONG, S.; JOHANSSON, M. E.; HUGHES, F. M. R.; HAYES, A.; RICHARDS, K. S.; NILSSON, C. Interactive effects soil moisture, vegetation canopy, plant litter and seed addition on plant diversity in a wetland community. **Journal of Ecology**, London, v. 91, n. 6, p. 976-986, 2003.
- WALKER, L. R.; WALKER, J.; HOBBS, R. J. (Eds.). **Linking restoration and ecological succession**. New York: Springer, 2007. 188 p.
- WYDHAYAGARN, C.; ELLIOTT, S.; WANGPAKAPATTANWONG, P. Bird communities and seedling recruitment in restoring seasonally dry Forest using the framework species method in Northern Thailand. **New Forests**, Heidelberg, v. 38, n. 1, p. 81-97, 2009.
- ZANINI, L.; GANADE, G. Restoration of *Araucaria* forest: The role of perches, pioneer vegetation, and soil fertility. **Restoration Ecology**, Tucson, v. 13, n. 3, p. 507-514, 2005.
- ZWIENER, V. P.; CARDOSO, F. C. G.; PADIAL, A. A.; MARQUES, M. C. M. Disentangling the effects of facilitation on restoration of the Atlantic Forest. **Basic and applied ecology**, Berlin, v. 15, n. 1, p. 34-41, 2013.

Recebido em 10/04/2014
Aceito para publicação em 18/12/2014