

Enriquecimento artificial da diversidade de espécies em reflorestamentos: análise preliminar de dois métodos, transferência de serapilheira e semeadura direta

Marcio Seiji Suganuma, Carlos Eduardo de Araújo Barbosa, Alba Lúcia Cavalheiro e José Marcelo Domingues Torezan*

Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, Cx. Postal 6001, 86051-970, Londrina, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: torezan@uel.br

RESUMO. Em paisagens fragmentadas, a colonização por novas espécies em reflorestamentos e capoeiras é dificultada pelas grandes distâncias das fontes de propágulos e a alta degradação do solo. Neste contexto, o enriquecimento artificial de reflorestamentos com espécies nativas de níveis sucessionais mais avançados torna-se imprescindível para garantir a sustentabilidade do ecossistema. Métodos como a transferência de serapilheira e solo de florestas maduras e a semeadura direta podem ser alternativas. Amostras de serapilheira e solo foram distribuídas em duas áreas de reflorestamento e uma área-controle, e nove espécies nativas não-pioneiras foram semeadas diretamente nas mesmas áreas e em dois controles. Da serapilheira, germinaram 14 espécies no controle: sete arbóreas, três herbáceas, duas lianescenas e duas arbustivas. As árvores são na maioria pioneiras e, portanto, de interesse limitado para o enriquecimento. Entretanto, as espécies não-arbóreas, importantes na diversidade de ecossistemas florestais, representaram metade dos indivíduos catalogados. Na semeadura direta, a espécie mais interessante foi *Diospyros brasiliensis*, com taxas de germinação de 50%. *Achatocarpus pubescens* e *Cordia ecalyculata* apresentaram resultados expressivos, apesar de heterogêneos. Os resultados mostram que são necessários estudos sobre a época de coleta da serapilheira e a influência do clima na germinação das sementes e emergência de plântulas.

Palavras-chave: reflorestamento, enriquecimento artificial, transferência de serapilheira, semeadura direta.

ABSTRACT. Artificial enrichment of species diversity in restoration areas – preliminary test of two techniques: soil and litter transference, and direct sowing.

In fragmented landscapes, large distances from seed sources and strong soil degradation raise difficulties for the colonization of new species in reforested areas and in early secondary forests. In this context, the artificial enrichment of reforestation areas with advanced successional level species is vital for ecosystem sustainability. Methods such as the transfer of soil and litter from mature forests and direct sowing may be alternatives. In this work, samples of surface soil and litter were distributed and nine non-pioneer native species were sown in two reforestation areas and lab controls. From litter, 14 species germinated in the control area: seven tree species, three herb species, two liana species and two shrub species. Tree species were derived mostly from pioneer species, therefore being of limited interest to enrichment purposes. However, the non-arboreal species, important to the diversity of forest ecosystems, represented more than half of the individuals sampled. In the direct sowing experiment, *Achatocarpus pubescens* and *Cordia ecalyculata* presented good results despite their heterogeneity, and *Diospyros brasiliensis* showed the best germination rate (near 50%). The results suggest that further studies are needed on how the collection season of soil and litter, as well as the weather, affect seed germination and seedling emergence.

Key words: forest restoration, artificial enrichment, soil and litter transfer, direct sowing.

Introdução

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, ainda são altos os índices de desmatamento, que são acelerados pela exportação de recursos primários, da

qual dependem suas economias (Salvador e Miranda, 2006). No Estado do Paraná (Ipardes, 1993), pode ser observado um exemplo dos altos índices de desmatamento e fragmentação das

florestas, que teve suas florestas devastadas pelos diversos ciclos econômicos, desde o extrativismo madeireiro, no início do século XX, até a atual política agrícola de produção de grãos.

Pela baixa cobertura florestal e pelo processo de fragmentação, a ocorrência de regeneração natural mediante sucessão secundária natural na maioria das áreas degradadas tornou-se difícil, principalmente pela diminuição da chuva de sementes e alta degradação do solo (Thébaud e Strasberg, 1997). Assim, faz-se necessário o reflorestamento com mudas de espécies nativas para que ocorra a regeneração da flora dessas áreas (Cavalheiro *et al.*, 2002).

O reflorestamento, utilizando mudas de espécies nativas de rápido crescimento, é eficiente para acelerar o processo da restauração. Com o emprego desta técnica é possível, em cerca de um a três anos após o plantio, assegurar o domínio de espécies arbóreas e reduzir ou eliminar a competição com espécies invasoras herbáceas, por meio do sombreamento (Parrotta e Knowles, 1999; Cavalheiro *et al.*, 2002).

Estabelecido o estrato inicial, um processo de enriquecimento da flora pode iniciar pela dispersão de sementes (Pijl, 1982; Janzen e Vásquez-Yanes, 1991; Tabarelli e Peres, 2002). Entretanto, em paisagens fragmentadas, este processo pode ser fraco ou ausente (Robinson e Handel, 1993); assim, o enriquecimento pode ser feito de forma artificial pelo plantio de mudas de espécies tolerantes ao sombreamento não utilizadas inicialmente (Cavalheiro *et al.*, 2002). O plantio de mudas, no entanto, tem como desvantagens o alto custo e a utilização exclusiva de espécies arbóreas, característica de técnicas de restauração florestal tradicionais.

Desta forma, torna-se imprescindível o estudo de técnicas viáveis e de alto rendimento, alternativas à regeneração natural e ao plantio de mudas adicionais, para o enriquecimento de áreas isoladas em restauração.

Um possível método de enriquecimento é a aplicação, nas áreas em restauração, de serapilheira e solo superficial obtidos em habitat maduro (Reis *et al.*, 2003). Juntamente com o solo, a serapilheira pode ser veículo para transporte de sementes e outros propágulos de espécies nativas de diferentes hábitos, como árvores, arbustos, ervas e lianas (Reis *et al.*, 2003). Uma desvantagem é o possível impacto causado nas áreas utilizadas como fonte.

Um outro método, que envolve um baixo custo financeiro (Engel e Parrotta, 2001) é o de semeadura direta. A semeadura direta para o enriquecimento de áreas que já apresentem uma estrutura florestal mínima, sejam capoeiras ou áreas de reflorestamento,

pode ser uma prática promissora. Isto porque a cobertura florestal instalada pode fornecer um microclima favorável à germinação e estabelecimento de, ao menos, algumas espécies de plantas (Connell e Slatyer, 1977; Lugo, 1997).

O objetivo deste trabalho é fazer uma análise preliminar das duas técnicas (transferência de serapilheira e semeadura direta) de enriquecimento artificial da diversidade de espécies vegetais em sítios reflorestados. Pressupondo que as condições ambientais nos sítios de reflorestamento são adequadas à germinação de sementes e esporos e ao brotamento de fragmentos vegetativos, foi testada a hipótese de que a emergência de plântulas nestes sítios é similar àquela obtida num controle no laboratório. Por outro lado, assumindo uma distribuição desigual no tempo da disponibilidade de sementes no solo, foi testada a hipótese de que há uma época do ano mais favorável, em termos de riqueza de espécies e abundância de indivíduos emergindo, para a coleta de material para transferência de serapilheira de uma floresta madura para um reflorestamento. Além disso, assumindo como homogênea a probabilidade de emergência de plântulas de diferentes formas de vida, verificou-se se há similaridade na riqueza e na abundância de plântulas de ervas, arbustos, lianas e árvores.

Material e métodos

Para a coleta de material para a transferência da serapilheira, foi selecionada uma área de floresta estacional semidecidual madura no Parque Estadual da Mata dos Godoy (PEMG), Londrina, Estado do Paraná, o fragmento mais bem preservado da região, localizado a 15 km do centro da cidade de Londrina (23°27'S e 51°15'W) (Vicente, 2006).

Os locais selecionados para a montagem dos ensaios de campo das duas metodologias são áreas de reflorestamento livres de manutenção (roçagem) e com algum sombreamento. Foram selecionados dois sítios de campo: Projeto Madeira I (Sítio-1), localizado no PEMG, e Fazenda Escola (Sítio-2) da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Estado do Paraná.

O Sítio-1 é um plantio, realizado em 1990, com cinco espécies nativas de interesse madeireiro em espaçamento 3 x 3 m. O fato de todas espécies utilizadas, neste reflorestamento, serem decíduas e de o espaçamento ser relativamente grande resultou em uma taxa média de cobertura do dossel, estimada com o densiômetro esférico (Lemmon, 1957), de 67% no verão e 40% no inverno, o que permite a ocorrência significativa de espécies exóticas invasoras no estrato inferior, principalmente do capim-

Colonião (*Panicum maximum* Jacq.).

O Sítio-2 é um plantio de restauração de área de preservação permanente, realizado em 1996, utilizando 12 espécies arbóreas nativas, com espaçamento de 2 x 2 m. Graças ao espaçamento reduzido e ao emprego de espécies de crescimento rápido, observa-se uma reduzida cobertura de espécies exóticas invasoras, com uma taxa média de 68,5% de cobertura do dossel durante todo o ano.

Em cada um dos dois sítios, foram instalados três retângulos de 1 x 5 m, limpos com enxada para a retirada de plântulas e sementes, distando 100 m entre si, onde foram montados cinco quadrados contíguos de 1 x 1 m (Figura 1). Foi utilizado um dos quadrados para a semeadura direta, três para as amostras de serapilheira (um para cada época de coleta) e um para o controle de campo (CC) que não recebeu material, visando à detecção de propágulos dispersos naturalmente.

Uma área adicional (Sítio-3) para o experimento de transferência de serapilheira foi montada em ambiente aberto, no pátio do Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas - Labre/UEL, onde foram montados 12 quadrados de 1 x 1 m, divididos em duas fileiras (Figura 1). Por sorteio, estipularam-se três controles (quadrados que não receberam material, como os CC) e a ordem em que seriam depositadas as três amostras de cada coleta. Essa área teve irrigação diária e apresenta uma cobertura média de dossel de 58%.

Foram montados, em sementeiras, os controles para o experimento de semeadura direta no laboratório em dois locais diferentes, com duas repetições cada. Um dos locais situado em ambiente aberto (Sítio-4) e o outro, no interior de uma casa-de-vegetação (Sítio-5), ambos cobertos por tela "sombrite 50%" (Figura 1). Tais controles receberam irrigação diária durante os cinco primeiros meses de experimento e três vezes por semana no período restante.

Foram realizadas três coletas de serapilheira, em intervalos de três meses, nas seguintes datas: 10/04, 21/07 e 17/10 de 2003. Cada coleta foi feita utilizando uma armação quadrada de madeira (0,5 x 0,5 m) com 10 cm de altura. Foi coletada, em um saco plástico, a serapilheira presente no interior do molde e, em seguida, recolhido o solo a 5 cm de profundidade em outro saco plástico. Este processo foi repetido nove vezes.

As nove amostras de serapilheira foram homogeneizadas e divididas em nove amostras de volume equivalente. Fez-se o mesmo com as amostras de solo. Dos nove pares de amostras (uma de solo e uma de serapilheira), seis foram

distribuídos nos sítios experimentais e os três restantes foram depositados no Sítio-3 do Labre. Em cada quadrado, espalhou-se a amostra de solo e, por cima, a amostra de serapilheira.

Figura 1. Desenho dos experimentos de semeadura direta e de transferência de serapilheira e solo nas três áreas (Projeto Madeira, Fazenda Escola e Labre), com a representação dos cinco sítios. SP = transferência de serapilheira (os números representam as coletas), SD = semeadura direta, CC = controle de campo e CA = controle de laboratório.

Foram utilizadas sementes de nove espécies não-pioneiras para a semeadura direta, sendo sete arbóreas, uma arbustiva e uma herbácea. As sementes foram coletadas em fragmentos florestais remanescentes na região de Londrina. O armazenamento foi feito a 15°C durante um intervalo máximo de duas semanas entre a coleta e o plantio, com exceção das sementes de *Myrocarpus frondosus* Fr. All., coletadas seis meses antes e estocadas nas mesmas condições.

Os blocos de semeadura direta foram instalados, no início de abril de 2003, em um quadrado de cada área dos dois sítios de campo e nos controles do Labre, totalizando seis blocos de campo e quatro blocos de controle em laboratório (dois a céu aberto e dois em casa-de-vegetação).

Feitas as covas a uma profundidade média de 5 cm, distando 10 cm entre si, em cada uma delas foram depositadas três sementes de uma espécie, totalizando dez covas para cada espécie em cada quadrado, e as sementes foram recobertas com 2-3 cm de terra solta. A distribuição das covas foi feita

por sorteio, e marcadas e mapeadas todas covas para acompanhar a germinação de cada espécie. Após o plantio, a área foi regada uma única vez. A única espécie cujas sementes passaram por algum tipo de pré-tratamento foi o Palmiteiro (*Euterpe edulis*), que foi embebido em água por 48 horas.

No experimento de serapilheira, foi acompanhada a emergência das plântulas semanalmente nas áreas controle e, pela maior dificuldade de acesso, mensalmente nos experimentos em campo. Todo material foi herborizado, para posterior identificação ou confirmação das identificações de campo. O experimento de transferência de serapilheira foi acompanhado durante um ano; o de semeadura direta, durante nove meses.

A riqueza de espécies e a abundância de plântulas, no experimento de transferência de solo e serapilheira, foi comparada entre sítios, entre datas de coleta do material e entre formas de vida, utilizando o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. O índice de similaridade de Sørensen foi utilizado para verificar a similaridade florística entre as datas de coleta.

No experimento com semeadura direta, a proporção de germinação (número de plântulas emergidas dividido pelo número de sementes) foi comparada para cada espécie e para o conjunto das espécies, entre os sítios de semeadura, utilizando Anova e teste de Tukey ($p < 0,05$) sobre o arco seno da raiz quadrada da proporção. Foram utilizados Anova e teste de Tukey para comparar o tempo necessário para emergência das plântulas entre espécies e entre os sítios para uma mesma espécie.

Resultados e discussão

Transferência de serapilheira - As amostras de solo e serapilheira depositadas no Sítio-1 e no Sítio-2 não resultaram na emergência de nenhuma espécie,

havendo resultados positivos somente no Sítio-3.

A emergência de plântulas somente no Sítio-3 (controle) permite duas possíveis explicações, não mutuamente exclusivas. Uma delas é que as condições climáticas do período podem ter sido desfavoráveis, uma vez que somente no controle, o único que recebia irrigação, ocorreu emergência de plântulas. Uma possibilidade adicional é a predação após a emergência, que em função da periodicidade (mensal) das observações, pode não ter sido detectada.

Com relação aos hábitos das plantas que germinaram, foram observados 21 indivíduos (46,5%) pertencentes a seis espécies arbóreas, nove indivíduos (20,5%) de três espécies de lianas, oito indivíduos (17,5%) de três espécies arbustivas e sete indivíduos (15,5%) de duas espécies herbáceas (Tabela 1). Estes números refletem maior emergência, em todas as coletas, de espécies arbóreas, com predomínio de espécies arbóreas de crescimento rápido, como *Heliocarpus americanus* e *Trema micrantha*. Estas são espécies de interesse limitado para o objetivo de enriquecimento, por, normalmente, estarem presentes em comunidades vegetais em início de sucessão e serem frequentemente plantadas como mudas em reflorestamentos (Cavalheiro *et al.*, 2002; Park *et al.*, 2005).

Ao considerar as espécies não-arbóreas em conjunto, lembrando que estas, normalmente, não são empregadas em projetos de restauração pela falta de tecnologia para sua manipulação em viveiros, evidencia-se que 53,5% do total das plântulas pertencem a este conjunto, embora não tenha sido detectada diferença significativa ($p < 0,05$) nem na abundância nem na riqueza entre os grupos. Mesmo assim, é preciso estudar mecanismos que garantam a emergência e o estabelecimento destas em condições de campo.

Tabela 1. Espécies que emergiram no Sítio-3 (Labre/Uel) e seus hábitos, provenientes da transferência de serapilheira e solo da floresta madura, e seus respectivos números de indivíduos em cada coleta.

| Nome científico | Família | Hábito | Número de indivíduos por amostra | | | |
|--|----------------|-----------|----------------------------------|----------|----------|-------|
| | | | Coleta 1 | Coleta 2 | Coleta 3 | Total |
| <i>Heliocarpus americanus</i> L. | Tiliaceae | arbórea | 4 | 2 | 3 | 9 |
| <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume | Ulmaceae | arbórea | 1 | 3 | 1 | 5 |
| <i>Solanum australe</i> C.V. Morton | Solanaceae | liana | 2 | 2 | 0 | 4 |
| <i>Dichorisandra hexandra</i> (Aubl.) Standl. | Commeliaceae | herbácea | 0 | 1 | 3 | 4 |
| <i>Mikania</i> sp. | Asteraceae | liana | 3 | 0 | 0 | 3 |
| <i>Solanum variabile</i> Mart. | Solanaceae | arbustiva | 1 | 2 | 0 | 3 |
| <i>Hybanthus bigibbosus</i> (A. St.-Hil.) Hassl | Violaceae | arbustiva | 0 | 1 | 2 | 3 |
| <i>Cestrum intermedium</i> Sendtn. | Solanaceae | arbórea | 0 | 1 | 2 | 3 |
| <i>Hidrocotile</i> sp. | Umbelliferae | herbácea | 0 | 3 | 0 | 3 |
| <i>Sida</i> sp. | Malvaceae | arbustiva | 1 | 0 | 1 | 2 |
| <i>Pereskia aculeata</i> Mill. | Cactaceae | liana | 0 | 1 | 1 | 2 |
| <i>Croton floribundus</i> Spreng. | Euphorbiaceae | arbórea | 0 | 2 | 0 | 2 |
| <i>Phytolacca dioica</i> L. | Phytolaccaceae | arbórea | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Tabernaemontana australis</i> (M. Arg.) Miers | Apocynaceae | arbórea | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total | | | 12 | 18 | 15 | 45 |

A riqueza e abundância também não diferiram significativamente ($p < 0,05$) entre as coletas, apesar de a riqueza ser maior na segunda e na terceira coletas, que apresentaram dez e nove espécies, respectivamente, e a abundância ser maior na segunda coleta, com 18 indivíduos (Tabela 1). Sendo assim, não haveria melhor época para a coleta de material, considerando-se apenas o número de espécies e de plântulas emergidas. No entanto, é preciso ponderar a composição de espécies disponível nas amostras em cada época.

Comparando as coletas, utilizando os índices de similaridade de Sørensen qualitativo (Cs) e quantitativo (Cn), observa-se uma similaridade baixa, em geral, entre as coletas (Tabela 2). Isto contraria em parte a conclusão anterior, mostrando que a época de coleta influencia a composição de espécies, sugerindo que coletar material em mais de uma época pode garantir maior diversidade, o que é devido, em parte, ao fato de as espécies não-pioneiras, foco principal dos objetivos de enriquecimento, não formarem banco de sementes (Bryant, 1989; Janzen e Vásquez-Yanes, 1991).

Tabela 2. Índices de similaridade qualitativo (Cs) e quantitativo (Cn) de Sørensen, comparando a composição de espécies, com indivíduos emergindo a partir de amostras de solo e serapilheira depositadas no Sítio-3.

| Coletas | Cs | Cn |
|---------------------------------------|-------|-------|
| Coleta 1 (abril) x Coleta 2 (julho) | 0,250 | 0,200 |
| Coleta 1 (abril) x Coleta 3 (outubro) | 0,200 | 0,185 |
| Coleta 2 (julho) x Coleta 3 (outubro) | 0,316 | 0,212 |

O período entre a deposição do material e a primeira emergência foi de dois meses para a primeira coleta, três meses para a segunda coleta e dois meses para a terceira coleta, o que pode ser explicado, em parte, pela temperatura e pluviosidade do período de observação das coletas (Figura 2a).

Observa-se na Figura 2b que dois meses após a primeira coleta houve a germinação de cinco indivíduos das espécies *T. micrantha* e *H. americanus* e, após essa primeira germinação, só voltaram a emergir indivíduos após cinco meses (outubro de 2003). Segundo Castellani e Stubblebine (1993), *T. micrantha* é uma espécie que apresenta um alto índice de germinação, independentemente das variações de temperatura, quando presente no banco de sementes. Experimentos realizados com sementes de *H. donnell-smithii* em florestas tropicais, no México, mostraram que até 70% das sementes foram viáveis no banco de sementes, sob o solo após um ano (Vásquez-Yanes e Orozco Segovia, 1982).

Nos meses de maio até setembro, nos quais foram registradas baixas temperaturas e baixa pluviosidade, não houve a emergência de nenhuma plântula (Figura

2). Com o aumento da temperatura e da pluviosidade a partir do mês de outubro, coincidiram a emergência das primeiras plântulas da segunda e terceira coletas com a germinação de novos indivíduos da primeira coleta (Figura 2b). Tal comportamento pode ser considerado uma representação das estratégias de dormência sazonal encontradas em muitas sementes para vencer os períodos de adversidade e germinar em uma época mais favorável (Garwood, 1989).

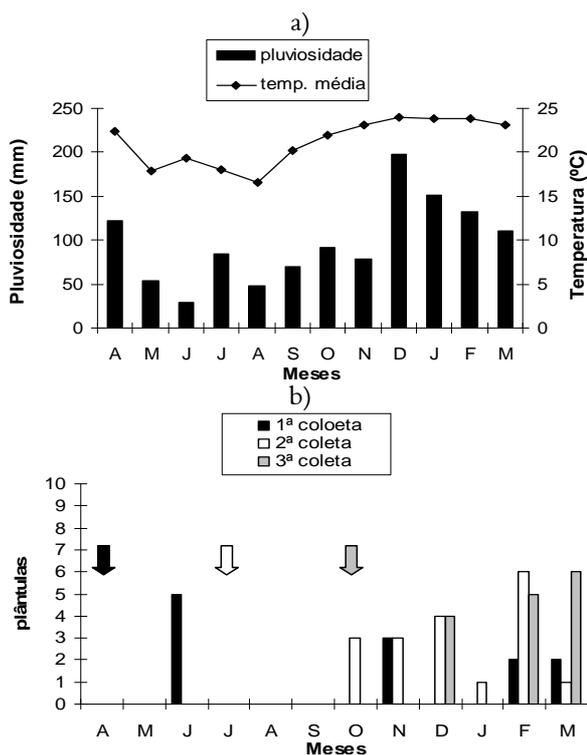


Figura 2. (a) Pluviosidade e temperaturas médias na região de Londrina, no período do experimento da transferência de serapilheira e solo de floresta madura (abril/2003 a março/2004), e (b) meses nos quais foram feitas as coletas (indicados pelas setas) e quantidades de plântulas que emergiram em cada coleta (representadas nas colunas), no mesmo período.

Fonte: Iapar (2004).

Semeadura direta – O período da implantação pode não ter sido favorável à germinação, uma vez que o tempo para a emergência, comparado com os valores obtidos nos sítios-controle, foi significativamente maior ($p < 0,05$) para todas espécies que germinaram nos sítios de campo.

Diospyros brasiliensis apresentou taxas de germinação relativamente altas tanto nas áreas de controle (55 e 51,7%) como nos sítios de campo (47,7 e 43,3%) (Tabela 3). Apesar da grande diferença ($p < 0,05$) no tempo necessário para a germinação desta espécie (Tabela 4) nos sítios de controle e campo, as taxas de germinação não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$).

Tabela 3. Espécies testadas no experimento de semeadura direta e respectivas porcentagens de germinação nos sítios de campo (Sítios 1 e 2) e nas áreas de controle a céu aberto (Sítio-4) e em casa-de-vegetação (Sítio-5). Letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as espécies para cada tratamento e letras maiúsculas distintas indicam diferenças ($p < 0,05$) entre os tratamentos para cada espécie.

| Nome científico | Família | Hábito | % Germ. Sítio-1 | % Germ. Sítio-2 | % Germ. Sítio-4 | % Germ. Sítio-5 |
|--|---------------------|-----------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <i>Achatocarpus pubescens</i> C.H.Wright | Achatocarpaceae | Arbórea | 16,7 ^{aAB} | 32,2 ^{aAB} | 0,0 ^{bC} | 20,0 ^{aC} |
| <i>Annona cacans</i> Warming | Annonaceae | Arbórea | 7,8 ^{aBC} | 3,3 ^{aB} | 18,3 ^{aAB} | 21,7 ^{aAB} |
| <i>Cordia ecalyculata</i> Vell. | Boraginaceae | Arbórea | 25,6 ^{aABC} | 10,0 ^{aAB} | 11,7 ^{aAB} | 16,7 ^{aAB} |
| <i>Diospyros brasiliensis</i> Mart. | Ebenaceae | Arbórea | 47,8 ^{aA} | 43,3 ^{aA} | 55,0 ^{aA} | 51,7 ^{aAB} |
| <i>Euterpe edulis</i> Mart. | Arecaceae (Palmae) | Arbórea | 18,9 ^{bBC} | 5,6 ^{bAB} | 70,0 ^{aA} | 73,3 ^{aA} |
| <i>Geophila repens</i> (L.) IM Johnst. | Rubiaceae | Herbácea | 15,6 ^{aC} | 0,0 ^{bC} | 0,0 ^{bC} | 8,3 ^{aB} |
| <i>Myrocarpus frondosus</i> Fr. All. | Leg.-Papilionoideae | Arbórea | 0,0 ^{aD} | 0,0 ^{aC} | 0,0 ^{aC} | 0,0 ^{aC} |
| <i>Piper aduncum</i> L. | Piperaceae | Arbustiva | 0,0 ^{aD} | 0,0 ^{aC} | 0,0 ^{aC} | 0,0 ^{aC} |
| <i>Vitex montevidensis</i> Cham. | Verbenaceae | Arbórea | 3,3 ^{aC} | 0,0 ^{bB} | 1,7 ^{aB} | 8,3 ^{aB} |

Tabela 4. Período médio, em semanas, necessário para a germinação das espécies testadas na semeadura direta nas áreas de controle externo (Sítio-4), em casa-de-vegetação (Sítio-5) e nos sítios de campo (Sítios 1 e 2). Letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as espécies para cada tratamento e letras maiúsculas distintas indicam diferenças ($p < 0,05$) entre os tratamentos para cada espécie.

| Espécie | Sítio-1 | Sítio-2 | Sítio-4 | Sítio-5 |
|--|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| <i>Achatocarpus pubescens</i> C.H.Wright | 42 ^{aA} | 42 ^{aA} | - | 20 ^{bAB} |
| <i>Annona cacans</i> Warming | 42 ^{aA} | 18 ^{bB} | 22 ^{bA} | 23 ^{bAB} |
| <i>Cordia ecalyculata</i> Vell. | 40 ^{aA} | 42 ^{aA} | 11 ^{bA} | 13 ^{bCD} |
| <i>Diospyros brasiliensis</i> Mart. | 42 ^{aA} | 42 ^{aA} | 17 ^{bA} | 12 ^{cD} |
| <i>Euterpe edulis</i> Mart. | 42 ^{aA} | 42 ^{aA} | 20 ^{bA} | 17 ^{bBC} |
| <i>Geophila repens</i> (L.) IM Johnst. | - | 42 ^{aA} | - | 28 ^{bA} |
| <i>Myrocarpus frondosus</i> Fr. All. | - | - | - | - |
| <i>Piper aduncum</i> L. | - | - | - | - |
| <i>Vitex montevidensis</i> Cham. | - | 42 ^{aA} | - | 16 ^{bCD} |

Isto pode evidenciar que, das espécies analisadas, possivelmente esta seja a mais indicada para o uso em semeadura direta para enriquecimento, já que, aparentemente, ela não sofre grandes perdas na viabilidade de suas sementes após longos períodos de seca. Os valores obtidos são superiores aos apresentados por Cabin et al. (2002), no qual *D. sandwicensis* (A.DC) Fosb. apresentou, em área sombreada, taxa de germinação de 35,8%.

Achatocarpus pubescens não germinou no Sítio-4, entretanto obteve taxas de germinação razoáveis tanto no Sítio-5 (20%) quanto nos sítios de campo (16,7 e 32,2%) (Tabela 3). O fato de não haver diferenças significativas entre as taxas de germinação no sítio-controle e nos sítios de campo ($p < 0,05$), aliado à grande produção de sementes por *A. pubescens*, tornam esta espécie interessante para o enriquecimento de florestas secundárias pela semeadura direta.

Cordia ecalyculata apresentou taxas de germinação bastante heterogêneas, como pode ser observado nos Sítios 2 e 4, nos quais as taxas de germinação foram semelhantes (10 e 11,67%, respectivamente), enquanto os valores nos Sítios 1 e 5 foram um pouco superiores (25,5 e 16,7%, respectivamente), sem haver, no entanto, diferenças estatísticas

significativas (Tabela 3). Este resultado difere do encontrado para *C. alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken em semeadura direta em florestas secundárias (Guariguata, 2000), onde foi obtida taxa de germinação de 75%.

Euterpe edulis apresentou taxas de germinação de 70 e 73% nos controles, valores próximos ao encontrado por Lorenzi (2000), o qual aponta taxa de germinação por volta de 80%. Entretanto, o mesmo resultado não foi observado nos sítios de campo, onde as taxas de germinação foram significativamente menores ($p < 0,05$), ficando em 18,9% no Sítio-1 e 5,6% no Sítio-2. Resultado semelhante foi o de *Annona cacans*, com taxas de germinação nos controles (18,3 e 21,7%) maiores do que as obtidas em campo (7,8 e 3,3%), sem haver, no entanto, diferenças significativas (Tabela 3). Essas diferenças de germinação, entre os Sítios 1 e 2 e os Sítios 4 e 5, devem-se provavelmente ao fato de os primeiros não terem recebido irrigação.

Vitex montevidensis apresentou taxas de germinação baixas tanto nos controles (1,7 e 8,3%) como no Sítio-1 (3,3%); no Sítio-2, não houve nenhuma germinação de *V. montevidensis* (Tabela 3). Nenhum indivíduo de *Myrocarpus frondosus* germinou, pois todas sementes foram predadas por formigas. As sementes de *Piper aduncum* também não germinaram. No entanto, sementes de *Geophila repens* (Rubiaceae), uma herbácea rasteira comum em florestas maduras, germinaram em dois dos sítios experimentais, o que representa um ganho em termos da variedade de formas de vida passíveis de reintrodução por meio desta técnica.

A maioria das espécies nos experimentos de campo germinou somente na 42ª semana de experimento (Tabela 4), semana na qual o experimento foi encerrado. Esta fase final do experimento coincide com as maiores médias de pluviosidade e temperatura para a região (Figura 2a). Provavelmente, a escassez de água durante as estações mais secas foi o fator responsável pelo

adiamento da germinação, já que nos sítios-controle, onde não havia limitação de água, a germinação ocorreu mais rapidamente e em maiores taxas.

Por serem todas não-pioneiras, as espécies testadas, possivelmente, sofreram mais do que uma espécie pioneira sofreria com a limitação de água, uma vez que as primeiras são dependentes de um microclima mais favorável (Connell e Slatyer, 1977).

As sementes podem ser consideradas produtos florestais não-madeireiros, devendo ser exploradas de maneira sustentável. Daí, a necessidade de parcimônia no seu uso, já que a coleta de sementes pode causar impactos no equilíbrio das populações das espécies nos remanescentes florestais em consequência da mudança na quantidade de sementes dispersas. Isto diminui o recrutamento de plântulas, o que altera a distribuição das classes de tamanho da população explorada (Shankar *et al.*, 1998) e, em última instância, elimina a espécie da floresta (Peters, 1994).

Essa preocupação torna-se evidente após a análise dos resultados apresentados que, apesar de terem sido considerados positivos para espécies como *D. brasiliensis* e *A. pubescens*, registraram a perda de grande quantidade de sementes para a maioria das espécies testadas, mesmo com semeadura feita em covas. Desta forma, é possível inferir que a semeadura direta a lanço, método mais barato e acessível para uso em grande escala, pode ser mais crítica ainda com relação à perda de sementes.

Os custos do enriquecimento com semeadura direta podem ser estimados, adaptando-se alguns resultados do trabalho de Engel e Parrota (2001), no qual a técnica de semeadura direta foi testada para a restauração de uma área degradada. Excluindo-se valores referentes ao preparo do solo e controle de espécies invasoras com roçagem e uso de herbicidas, que são práticas desnecessárias em reflorestamentos já estabelecidos, chega-se ao valor de US \$350 ha⁻¹, relativo à obtenção e ao plantio das sementes.

Conclusão

Sugere-se que a transferência de solo e serapilheira seja feita em épocas com previsão de clima favorável (*i.e.*, quente e chuvoso), ou quando e onde for possível manter irrigação no local da deposição, o que impede a aplicação do mesmo em larga escala. Além disso, o método apresenta importância pelo fato de introduzir espécies de plantas que não são manipuladas em viveiros (lianas e herbáceas) e, para assegurar essa diversidade, recomenda-se que as coletas sejam feitas em períodos diferentes para garantir sementes de várias espécies.

Na semeadura direta, a espécie mais interessante foi *D. brasiliensis*, com taxas de germinação de 50%. *A. pubescens* e *C. ecalyculata* apresentaram resultados expressivos, apesar de heterogêneos. Em função do possível desperdício de sementes decorrentes desta técnica, é imprescindível que a escolha das espécies e da época do ano para aplicá-la seja feita de forma criteriosa. Os resultados apontam para a necessidade de mais estudos para a aplicação da técnica em maior escala, dada a grande variação nas respostas à semeadura direta observada entre as espécies e sua variação de acordo com o clima.

Os dois métodos foram promissores para o enriquecimento do subosque de reflorestamentos, pois as espécies não-arbóreas e as espécies arbóreas tolerantes à sombra, que são o alvo deste experimento, conseguiram emergir no local. Assim, esse aumento de plantas nos reflorestamentos pode resultar em um aumento da biodiversidade, atraindo animais que dispersarão mais sementes, permitindo a continuidade do processo sucessional.

Agradecimentos

Os autores são gratos à equipe do Labre, pela ajuda em campo, especialmente ao Edson M. Francisco e Odair C. Pavão; ao Departamento de Ecofisiologia do Iapar, pelos dados climáticos; ao IAP, por permitir o acesso ao Parque Estadual Mata dos Godoy; ao Dr. André L. L. Vanzela, pelas sugestões úteis na versão preliminar deste artigo.

Referências

- BRYANT, J.A. *Fisiologia da semente*. São Paulo: EPU, 1989. v. 31. (Coleção Temas de biologia).
- CABIN, R.J. *et al.* Effects of light, alien grass, and native species additions on Hawaiian dry forest restoration. *Ecol. Appl.*, Tempe, v. 12, n. 6, p. 1595-1610, 2002.
- CASTELLANI, T.T.; STUBBLEBINE, W.H. Sucessão secundária inicial em mata tropical mesófila, após perturbação por fogo. *Rev. Bras. Bot.*, São Paulo, v. 16, p. 181-203, 1993.
- CAVALHEIRO, A.L. *et al.* Recuperação de áreas degradadas: procurando por diversidade e funcionamento dos ecossistemas. In: MEDRI, M.E. *et al.* (Ed.). *A bacia do rio Tibagi*. Londrina: [s.n.], 2002. p. 213-224.
- CONNELL, J.H.; SLATYER, R.O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Am. Nat.*, Chicago, v. 111, n. 982, p. 1119-1144, 1977.
- ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. *For. Ecol. Manage.*, Amsterdam, v. 152, p. 169-181, 2001.
- GARWOOD, N.C. Tropical soil seed banks: a review. In: KAGEYAMA, P.Y. (Ed.). *Ecology of soil seed banks*. San

- Diego: Academic Press, 1989. p. 149-209.
- GUARIGUATA, M.R. Seed and seedling ecology of tree species in neotropical secondary forests: management implications. *Ecol. Appl.*, Tempe, Ariz., v. 10, n. 1, p. 145-154, 2000.
- IAPAR-Instituto Agrônômico do Paraná. *Cartas climáticas do Estado do Paraná*. Disponível em: <http://www.iapar.br/Sma/Cartas_Climaticas/Cartas_Climaticas.htm>. Acesso em: 16 abr. 2004.
- IPARDES-Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Cobertura florestal e consumo de madeira, lenha e carvão nas regiões de Londrina, Maringá e Paranavaí: subsídio para uma política florestal no Estado do Paraná*. Curitiba: IparDES, 1993.
- JANZEN, D.H.; VÁSQUEZ-YANES, C. Aspects of tropical seed ecology of relevance to management of tropical forested wildlands. In: GÓMEZ-POMPA, A. et al. (Ed.). *Rain forest regeneration and management*. Paris: Unesco, 1991. v. 6, p. 137-157. (Man and biosphere series).
- LEMMON, P.E. A new instrument for measuring forest overstory density. *J. For.*, Washington, D.C., v. 55, n. 9, p. 667-669, 1957.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2000. v. 1.
- LUGO, A.E. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures. *For. Ecol. Manage.*, Amsterdam, v. 99, n. 100, p. 9-19, 1997.
- PARK, A. et al. Natural regeneration and environmental relationships of tree species in logging gaps in a Bolivian tropical forest. *For. Ecol. Manage.*, Amsterdam, v. 217, p. 147-157, 2005.
- PARROTTA, J.A.; KNOWLES, O.H. Restoration of tropical moist forests on bauxite-mined lands in the Brazilian Amazon. *Restor. Ecol.*, Malden, v. 7, n. 2, p. 103-116, 1999.
- PETERS, C.M. *Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forest: an ecological primer*. Washington, D.C.: Biodiversity Support Program – World Wild Fund, 1994.
- PILJ, L.V.D. *Principles of dispersal in higher plants*. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1982.
- REIS, A. et al. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza & Conservação*, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 28-36, 2003.
- ROBINSON, G.R.; HANDEL, S.N. Forest restoration on a closed landfill: Rapid addition of new species by bird dispersal. *Conserv. Biol.*, Boston, v. 7, n. 2, p. 271-278, 1993.
- SALVADOR, A.R.F.; MIRANDA, J.S. *Recuperação de áreas degradadas*. Disponível em: <http://www.sobrade.com.br/textos/trabalhos/recuperação_de_áreas_degradadas.html>. Acesso em: 30 nov. 2006.
- SHANKAR, U. et al. Extraction of non-timber forest products in the forest of Biligiri Rangan Hills, India. 4. Impact on floristic diversity and population structure in a thorn scrub forest. *Econ. Bot.*, Bronx, v. 52, n. 3, p. 302-315, 1998.
- TABARELLI, M.; PERES, C.A. Abiotic and Vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic Forest: Implications for forest regeneration. *Biol. Conserv.*, Essex, v. 106, p. 65-176, 2002.
- THÉBAUD, C.; STRASBERG, D. Plant dispersal in fragmented landscapes: A field study of wood colonization in rainforest remnants of the Mascarene Archipelago. In: LAURANCE, W.F.; JR. BIERREGAARD, R.O. (Ed.). *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago: The University of Chicago Press, 1997.
- VÁSQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Seed germination of a tropical rain forest pioneer tree (*Heliocarpus donnell-smithii*) in response to diurnal fluctuation of temperature. *Physiol. Plant*, Copenhagen, v. 56, n. 295-298, 1982.
- VICENTE, R.F. O Parque Estadual Mata dos Godoy. In: TOREZAN, J.M.D. *Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy*. Londrina: Itedes, 2006.

Received on December 20, 2006.

Accepted on March 17, 2008.