

Restauração de matas ciliares do rio Mearim no município de Barra do Corda-MA: seleção de espécies e comparação de metodologias de reflorestamento

Dinnie Michelle Assunção LACERDA¹, Paulo Sérgio de FIGUEIREDO²

RESUMO

A importância das matas ciliares na manutenção dos recursos bióticos e abióticos e o estado avançado de degradação destes ecossistemas ripários justificam o desenvolvimento de técnicas de reflorestamento em larga escala. Neste trabalho foram selecionadas seis espécies arbóreas nativas e comparada a sobrevivência em função da distância do leito do rio utilizando-se duas metodologias de reflorestamento: plantio de mudas e semeadura direta a lanço. Estimativas das taxas de germinação potencial, germinação no campo, e as taxas de crescimento relativo das plântulas (TCR), em viveiro, foram utilizadas como critério eletivo e correlacionadas com os dados de sobrevivência no campo. A sobrevivência foi estimada após seis meses do plantio de 108 mudas por espécies e após semeadura de 10800 sementes/espécie numa área desmatada de 5400 m² da mata ciliar às margens do rio Mearim. No método do plantio de mudas, destacam-se, *Triplaris surinamensis* Cham., *Anadenanthera Macrocarpa* (Benth.) Brenam. e *Tabebuia* sp., a primeira com altas taxas de germinação potencial, de crescimento em viveiro e sobrevivência no campo e as demais satisfazendo um ou outro destes critérios. Neste método, sobrevivência não se correlaciona com TCR e não é afetada pela distância do leito do rio. No método de semeadura direta, destacam-se *T. surinamensis*, e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong com maior sobrevivência a qual é maior em áreas mais distantes do rio e se correlaciona positivamente com a germinação no campo e com a TCR. Comparativamente, *T. surinamensis* e *E. contortisiliquum* são mais indicadas para reflorestamento a partir de semeadura direta enquanto *A. macrocarpa*, *Tabebuia* sp. e *Senna spectabilis* (DC.) Irwin et Barn para reflorestamento a partir do plantio de mudas.

PALAVRAS - CHAVE: Recuperação de mata ciliar, Seleção de espécies, Plantio de mudas, Semeadura direta, Sobrevivência.

Riparian forest restoration along the Mearim river in the municipality of Barra do Corda -MA: species selection and comparison of forest recovery methodologies

ABSTRACT

The importance of riparian forests in the maintenance of biotic and abiotic resources and the advanced state of degradation of these ecosystems justify the development of restoration techniques on a large scale. In this study six native arboreal species were selected, and the survival of each was compared in relation to their distance from the river, through two restoration techniques: the seedlings plantation method and direct sowing. The germination potential estimates in laboratory (potential germination) and field, and the relative growth rates (RGR) of seedlings, in nursery, were used as elective criteria, and were correlated to survival data in the field. The survival was estimated after six months of plantation of 108 seedlings per species, and from direct sowing of 10800 seeds/species in a 5400 m² lodged area of the Mearin River riparian forest. By the method of seedling plantation, *Triplaris surinamensis* Cham., *Anadenanthera Macrocarpa* (Benth.) Brenam. and *Tabebuia* sp. stood out, the first with high potential germination rates, growth in the nursery and survival in the field, and the other species by one or another of these criteria. In this method, survival was not correlated to RGR, and was not affected by the distance from the river. By the method of direct sowing, *T. surinamensis*, and *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. stood out with high survival, and which was highest in the areas most distant from the river, and was correlated positively to germination in the field, and to RGR. Comparatively, *T. surinamensis* and *E. contortisiliquum* were best indicated for reforestation by direct sowing, while *A. Macrocarpa*, *Tabebuia* sp., and *Senna spectabilis* (DC.) Irwin et Barn. were best by seedling plantation.

KEY WORDS: Riparian forest recovery, Species selection, Seedling plantation, Direct sowing, survival.

¹ Universidade Federal do Maranhão; Departamento de Biologia. Área: Botânica; Email: michellelacerda@yahoo.com.br

² Universidade Federal do Maranhão - Departamento de Biologia. Área: Botânica; Email: paulosfigueiredo@uol.com.br

INTRODUÇÃO

Denomina-se mata ciliar a vegetação florestal que acompanha o curso dos rios de médio e grande porte com largura superior a 10 metros. No cerrado, em geral, estas matas são estreitas e com largura proporcional ao leito do rio, dificilmente ultrapassando 100 metros (Ribeiro & Walter, 2001).

Ecossistemas de alta diversidade biológica, as matas ciliares e de galeria no Cerrado englobam cerca de 33% do número total de espécies de fanerógamas conhecidas para o bioma (Felfilli *et al.*, 2001). Sua importância reside na função protetora que exerce sobre os recursos bióticos e abióticos (Durigan & Silveira, 1999). Quanto aos recursos bióticos, servem de refúgio para a fauna fornecendo abrigo e alimentação e, atuando como corredor biológico, estimulam o fluxo gênico entre as populações. Quanto aos recursos abióticos as matas ciliares têm importância fundamental na manutenção da qualidade da água dos mananciais. Elas absorvem a água proveniente do escoamento superficial das áreas adjacentes, contribuindo para a redução dos processos erosivos do solo e conseqüente assoreamento do leito do curso d'água. No processo de absorção, filtram a água que pode estar contaminada com resíduos químicos das atividades agrícolas evitando a contaminação do curso d'água. A sombra proporcionada pela vegetação ciliar é importante para a estabilidade térmica da água, evitando alterações bruscas de temperatura que podem afetar a reprodução e sobrevivência de várias espécies de peixes (Naiman & Décamps, 1997; Barrella *et al.*, 2000; Fonseca *et al.*, 2001).

Ecossistemas freqüentemente perturbados por desmatamentos, grandes queimadas ou mineração, as matas ciliares e de galeria sofrem pressão antrópica por fatores decorrentes do processo de urbanização como: a remoção de madeira para a construção civil, a abertura de estradas em regiões com topografia acidentada e a implantação de culturas agrícolas e de pastagem (Martins, 2001). A intensidade e extensão do processo de desmatamento tornam urgente a recuperação e manutenção da vegetação junto aos corpos de água através do desenvolvimento de técnicas apropriadas para revegetação em larga escala.

A restauração tem sido definida como o retorno do ecossistema às condições similares àquelas anteriores ao distúrbio (Wismar & Beschita, 1998). As técnicas utilizadas para o reflorestamento dependem de fatores como a freqüência e densidade das espécies, distribuição espacial, intervalo de retorno, área, relevo e intensidade dos distúrbios a que foi submetido (Pickett, 1983).

As experiências de recuperação de matas ciliares ou de galeria têm se concentrado na seleção das espécies nativas de acordo com seu estágio sucessional, crescimento e sobrevivência em condições de campo. Baseado na dinâmica

de regeneração natural em clareiras na mata sugere-se que os plantios sejam heterogêneos, combinando espécies dos diferentes estádios de sucessão: pioneiras, secundárias e clímax (Durigan e Nogueira, 1990; Glufke, 1999).

Estas experiências têm gerado modelos de recuperação que envolvem basicamente o plantio misto de mudas de várias espécies com diferentes espaçamentos de plantio e formas de agrupamento (Martins, 2001), os quais têm se mostrado adequados para a recuperação de diferentes áreas (Durigan & Silveira, 1999; Durigan & Nogueira, 1990; Martins, 2001; Nappo *et al.*, 1999). No entanto, a experimentação tem demonstrado a necessidade de seleção criteriosa das espécies dada a grande variação na sobrevivência (entre 0 e 90%) que pode se manifestar logo após os primeiros meses do plantio (Salvador, 1986; Durigan & Silveira, 1999; Parrota & Knowles, 1999; Fonseca *et al.*, 2001). As diferenças na sobrevivência podem estar relacionadas a preferência por nichos específicos, dado que as matas ciliares exibem grande heterogeneidade ambiental associada principalmente à distância do curso d'água. Em geral, solos mais próximos são mais úmidos e mais férteis, ambos os fatores decrescendo com a distância (Longman & Jenik, 1987).

O plantio de mudas é um dos métodos de regeneração mais praticados, principalmente por fornecer uma boa densidade inicial de plantas (Smith, 1986), entretanto, entre os inconvenientes do método está o de reconstituir uma vegetação com estrutura uniforme, muito diferente da estrutura heterogênea das florestas naturais. O método pode também ser de difícil aplicação em áreas com topografia muito irregular ou com declive acentuado.

Embora estes modelos tenham evoluído a partir da dinâmica de regeneração natural de clareiras na mata, eles não contemplam o enriquecimento do banco de sementes que se constitui numa reserva do potencial genético acumulado (Simpson *et al.*, 1989) constituindo uma etapa importante da regeneração natural no ecossistema (Garwood, 1989; Daniel & Jankauskis, 1989; Schmitz, 1992). Em áreas onde as queimadas ou a remoção de madeira para a implantação de culturas ou pastagens reduz ou remove o banco de sementes da mata, o processo de recuperação pode ser acelerado por semeadura de espécies desejáveis (Toumey & Korstian, 1967; Rezende, 1998). O método baseia-se na incrementação do potencial de auto-recuperação através do adensamento e enriquecimento do banco de sementes, em áreas cujo histórico indica sua ausência, ou em áreas já ocupadas por espécies pioneiras através de semeadura de espécies tardias (Engel & Parrota, 2001; Camargo *et al.*, 2002; Willoughby *et al.*, 2004; Araki, 2005).

Diferentes formas de semeadura direta têm sido usadas, sendo mais comum a semeadura em linhas ou em covas (Engel & Parrota, 2001; Engel, 2002; Barbosa *et al.*, 1992;

Barbosa, 1996). Formas alternativas como a transferência de serrapilheira ou a semeadura a lanço, onde as sementes são espalhadas na superfície das áreas a serem reflorestadas, têm sido também testadas (Araki, 2005).

O presente trabalho teve por objetivo: 1) selecionar espécies para reflorestamento de matas ciliares; 2) comparar a metodologia tradicional de recuperação, com plantio de mudas, com a regeneração a partir do restabelecimento do banco de sementes de cinco espécies nativas de ocorrência natural nas margens do rio Mearim no município de Barra do Corda-MA; 3) verificar se eventuais variações na sobrevivência de cada espécie podem ser relacionadas com a distância do leito do rio e, conseqüentemente, com o gradiente edáfico que se manifesta a partir da margem do curso d'água.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado numa área de mata ciliar às margens do rio Mearim no seu percurso através do município de Barra do Corda, localizado na região central do estado do Maranhão (5°30'S; 4°15'W), em uma área de contato do Cerrado com a Floresta Semidecidual que em vários trechos foi devastada para dar lugar à agropecuária e à agricultura de subsistência (IBGE, 1997). O clima da região, adotando-se a classificação de Köppen, é tropical quente e sub-úmido com uma estação chuvosa de janeiro a julho, com precipitação média de 1300 mm, e uma de estiagem de agosto a dezembro (Nimer, 1989). Predominam na região os solos podzólicos vermelho-amarelo (IBGE, 1984).

SELEÇÃO DAS ESPÉCIES, GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS

Foram selecionadas seis espécies de acordo com critérios como: maior ocorrência nas matas ciliares remanescentes e facilidade de obtenção das sementes. As espécies utilizadas foram: *Senna spectabilis* DC Irwin et Barn., Caesalpinaceae (canafístula), *Anadenanthera Macrocarpa* (Benth.) Brenam., Mimosaceae (angico preto), *Guazuma ulmifolia* Lamk., Sterculiaceae (mutamba), *Triplaris surinamensis* Cham., Polygonaceae (pajauzinho), *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, Mimosaceae (tamburil) e *Tabebuia* sp., Bignoniaceae (Ipê amarelo),

Cerca de 15000 sementes por espécie foram coletadas de frutos maduros e armazenadas em sacos de papel em laboratório sob condições ambientais. Este estoque de sementes foi utilizado para os testes de germinação, crescimento das plântulas em viveiro, produção de mudas e semeadura direta nos experimentos de sobrevivência (métodos de reflorestamento).

Os testes de germinação foram realizados em laboratório à temperatura ambiente e luz natural difusa. As sementes foram colocadas para germinar em placas de Petri forradas com folha dupla de papel de filtro umedecidas com água destilada, sendo utilizadas em cada tratamento 4 repetições de 20 sementes por placa. A velocidade de germinação foi determinada de acordo com Laboriau (1983). Nas espécies que apresentaram sementes dormentes, *S. spectabilis*, *G. ulmifolia*, e *E. contortisiliquum*, a dormência foi quebrada com escarificação térmica colocando-as em água fervente por períodos de tempo entre 10 e 80 segundos. Os tempos de escarificação mais efetivos na quebra da dormência foram usados nos experimentos e são indicados na tabela 1. Em *S. spectabilis* o método somente permitiu aumentar a proporção de sementes germinadas para a produção de mudas, por esta razão a espécie só foi utilizada no método de plantio de mudas, sendo substituída na semeadura direta por *G. ulmifolia*.

A avaliação do crescimento foi realizada em plântulas crescendo em viveiro protegidas da insolação total com cobertura de sombrite (30%). As plântulas foram cultivadas em sacos plásticos pretos de 2 kg com terra preta adubada quimicamente com adubo tipo NPK na concentração de 100g/m³ de terra. Para cada espécie, a taxa de crescimento relativo (TCR) foi determinada a partir da evolução da massa seca, em amostras aleatórias semanais de 10 plântulas retiradas de populações cultivadas em viveiro por 75 dias. A massa seca foi obtida colocando-se as plântulas para secar em estufa à 80° C, até a estabilização da massa, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão. A estimativa da taxa de crescimento relativo foi feita ajustando-se o crescimento à curva exponencial. A TCR não foi estimada em *T. surinamensis* devido a curta longevidade das sementes que inviabilizou a produção das mudas no período de realização dos testes.

MÉTODOS DE REFLORESTAMENTO

A sobrevivência de plântulas das espécies selecionadas foi avaliada utilizando-se duas metodologias de reflorestamento: plantio das mudas e semeadura direta. O experimento foi conduzido em uma área de aproximadamente 0,5 ha, pertencente à Merck S.A. e localizada na margem direita do rio Mearim à jusante do município (5°28'S; 4°06'W). Consistiu de uma área desmatada utilizada como pastagem há 12 anos e abandonada nos últimos 2 anos. Sua topografia é levemente inclinada e encontra-se parcialmente coberta com gramíneas forrageiras, predominantemente *Brachiaria* spp., e várias espécies de dicotiledôneas herbáceas ou sub-arbustivas invasoras. Nas margens do rio ocorre uma mata ciliar remanescente de 8 m de largura. Tanto a semeadura quanto o plantio de mudas iniciaram-se simultaneamente em fevereiro de 2004, no auge da estação chuvosa, sendo a sobrevivência contabilizada em setembro, no meio da seca.

Para testar os dois diferentes métodos, uma área na margem de 90 m de extensão e 60 m de largura foi dividida em duas sub-áreas de 45 m x 60 m. Para permitir a comparação da sobrevivência e a eficiência de cada método em função da distância do leito do rio, cada sub-área foi subdividida em três, de 45x20 m cada, à distâncias progressivas a partir da mata ciliar remanescente. A divisão foi demarcada com estacas e cordas de nylon.

SEMEADURA DIRETA

Numa das sub-áreas de 45x60m foram lançadas sementes das 5 espécies selecionadas. Estas foram manualmente dispersas (semeadura a lanço) em 252 pontos regularmente distribuídos, equidistantes 3 m um do outro. Foram dispersas 40 sementes de cada espécie por ponto, totalizando 10.080 sementes/espécie, e 54 000 sementes no total, numa área de 2700 m².

A taxa de germinação no campo foi obtida contabilizando-se o número de plântulas de cada espécie que surgiu, após 30 e 60 dias, em 15 parcelas aleatorizadas de 9 m². Foram aleatorizadas 5 parcelas por sub-área e a sobrevivência das plântulas em função do número de sementes germinadas nas parcelas foi contabilizada após 6 meses.

PLANTIO DE MUDAS

As plântulas utilizadas no plantio foram cultivadas por 3 a 4 meses em viveiro e protegidas da insolação por cobertura de sombrite (30%) , em sacos de 2 kg com terra preta sem adubação.

As mudas foram transplantadas na sub-área adjacente de 45x60 m, em covas de 30x30 cm regularmente distribuídas em linhas e colunas e distando 2 m uma da outra. Ao redor das mudas foi realizado o coroamento, ou seja, remoção da vegetação em um raio de um metro ao redor das covas. Foram plantadas 108 mudas de cada espécie, totalizando 540 mudas em uma área de 2700 m².

O desenho experimental foi o de blocos inteiramente casualizados, (Gomes, 1985) utilizando-se 4 repetições de 9 plântulas/espécie (parcelas) em cada uma das 3 faixas de distância testada. A sobrevivência das plântulas de cada espécie nas parcelas foi contabilizada após 6 meses.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de germinação em laboratório foram comparados pela Anova 1 fator. Em cada método de reflorestamento, as diferenças na sobrevivência de plântulas e nas taxas de germinação/espécie no campo em função da distância do leito do rio foram comparadas pela ANOVA fatorial, com a normalização dos dados e a homogeneidade das variâncias obtidas utilizando-se a conversão para valores angulares ($\arcsen \sqrt{p}$, onde p = proporção). A decomposição dos

efeitos da espécie, distância e interação espécie x distância foram feitas pelo teste de Tukey (Zar, 1996).

A eficiência dos métodos foi comparada entre as 4 espécies comuns nos dois métodos. Para cada espécie computou-se a proporção de sobreviventes por área de terreno (expressa em indivíduos/m²) comparando-se os dados por espécie entre os métodos pelo teste de Kolmogorov-Smirnof e entre as espécies dentro de cada método pelo teste de Kruskal Wallis (Zar, 1996).

Correlações entre a porcentagem, velocidade de germinação e da taxa de crescimento de plântulas em viveiro com a sobrevivência em cada método foram obtidas por regressão linear simples, utilizando o teste univariado de significância (programa Statistica 6.0). Em todos os testes o nível de significância empregado foi de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 observa-se que a germinação potencial (em laboratório) é bastante variável entre as espécies sendo superior a 70 % em *Tabebuia* sp e *G. ulmifolia*, seguida de *A. macrocarpa* e *T. surinamensis* com 59 % e 48,7 %, respectivamente. Valores significativamente menores foram obtidos em *E. contortisiliquum* com 35,6 % de germinação.

A germinação e a velocidade de crescimento potenciais das plântulas são critérios valiosos de seleção de espécies para reflorestamento com base no plantio de mudas. Altas taxas de germinação minimizam esforços de coleta de propágulos, enquanto desenvolvimento rápido das mudas reduz o tempo e custos de manutenção em viveiro, favorecendo a sobrevivência no campo na competição com invasoras (Sun *et al.*, 1995; Ferreira, 2002). Entre as espécies estudadas, destacam-se *T. surinamensis* e *Tabebuia* sp. com maiores taxas de germinação e rápido crescimento. A exceção de *Senna spectabilis*, cuja baixa taxa de germinação e crescimento lento tornam-na pouco indicada, as demais espécies satisfazem um ou outro critério: *A. macrocarpa* e *G. ulmifolia* com altas taxas de germinação mas com crescimento lento e *E. contortisiliquum* com germinação baixa mas rápido crescimento das plântulas.

Não obstante, a sobrevivência pode ser considerada o principal parâmetro de seleção das espécies (Durigan & Silveira, 1999; Fonseca *et al.*, 2001; Darigo & Quintela, 2002; Ferreira *et al.*, 2002) dado que mortalidade, que atinge os maiores índices na fase inicial de estabelecimento (Silvertown, 1989), pode reduzir significativamente a densidade final das plantas. A sobrevivência variou significativamente entre as espécies e, como observado na tabela 4, não se correlacionou com germinação potencial ($r = -0,05$; $p=0,93$) ou com a TCR ($r = -0,87$; $p=0,12$). *T. surinamensis*, *A. macrocarpa* e *S. spectabilis* se destacam exibindo as maiores taxas, superiores a 50 %.

Tabela 1 - Porcentagem e velocidade de germinação potenciais, taxa de crescimento relativo (TCR) e sobrevivência no método de plantio de mudas das espécies arbóreas de mata ciliar do município de Barra do Corda-MA. Gp - germinação potencial (em laboratório); \bar{t} - tempo médio (dias); - não determinado. (Potential and speed of germination, relative growth rate (TCR), and survival by seedling plantation method of the wood species of the riparian forest of the municipality of Barra do Corda -MA. Gp - Potential germination (in laboratory); - mean time (day); - not measured.

Espécie	Germinação (%)		TCR (g.g.d ⁻¹)	Sobrevivência(%)
	Gp	\bar{t}		
<i>T. surinamensis</i>	48,7 ^b	5,30	-	83,3 ^a
<i>A. macrocarpa</i>	59 ^b	14,5	0,006	58,3 ^b
<i>S. spectabilis</i>	11 ^d	8	0,006	57,4 ^b
<i>Tabebuia</i> sp.	80 ^a	21,9	0,012	44,4 ^c
<i>E. contortisiliquum</i>	35 ^c	12,2	0,20	32,4 ^c
<i>G. ulmifolia</i>	71,3 ^a	14,6	0,002	-

A germinação das espécies *G. ulmifolia*, *E. contortisiliquum* e *S. spectabilis* foi obtida após escarificação térmica utilizando-se os tempos de 10, 30 e 60 segundos respectivamente. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies.

Tabela 2 - Porcentagem de sobrevivência das espécies em função da distância do leito do rio no método de plantio de mudas no município de Barra do Corda-MA. (Survival percentage in function of the riverbed distance on seedling plantation method in the municipality of Barra do Corda-MA).

Espécie	Distância do rio (m)		
	8 - 28	28 - 48	48 - 68
<i>T. surinamensis</i>	86,1	83,3	80,5
<i>A. macrocarpa</i>	55,5	69,4	50
<i>S. spectabilis</i>	33,3	66,6	72,2
<i>Tabebuia</i> sp.	27,7	44,4	61,1
<i>E. contortisiliquum</i>	36,2	16,7	44,4

Tabela 3 - Resultados da análise de variância dos dados de sobrevivência no método do plantio de mudas. (Results of the analysis of variance from survival's data on seedling plantation method).

Efeito	SQ	Graus de liberdade	QM	F	P
Espécies	9391,6	4	2347,9	7,0202	0,000176
Distância	1221,4	2	610,7	1,8260	0,172790
Distância* Espécie	3714,9	8	464,4	1,3885	0,227550
Erro	15050,3	45	334,5		

Embora não se conheçam as causas da diferença na sobrevivência entre as espécies, os resultados permitem concluir que a mesma não está relacionada a dois dos principais fatores de mortalidade: a preferência das espécies por sítios com diferente drenagem e fertilidade que naturalmente ocorrem nas matas ciliares (Van den Berg & Oliveira-Filho, 1999) e as diferenças na velocidade de crescimento que afetam a competição com invasoras (Sun *et al.*, 1995; Davide & Botelho, 1999). No primeiro caso, mostrou-se que diferenças na sobrevivência não são afetadas pela distância e conseqüentemente pelo gradiente hídrico e nutricional. No segundo, demonstrou-se a inexistência de correlação significativa entre taxa de crescimento e sobrevivência.

Tabela 4. Correlações e testes univariados de significância entre sobrevivência, germinação e taxa de crescimento relativo no método de plantio de mudas. (Correlations and univariate tests of significance between survival, germination and relative growth rate by seedling plantation method.)

Efeito	R	GL	QM	F	P
Sobrevivência x germinação potencial	- 0,05	1	3,31	0,007	0,93
resíduo		3	423,62		
Sobrevivência x Taxa de crescimento relativo	- 0,87	1	341,25	6,23	0,12
resíduo		2	57,42		

O grande tamanho inicial das plântulas e o coroamento minimizam a competição com as gramíneas forrageiras de rápido crescimento, sendo que as plântulas mantinham-se ainda bem individualizadas na pastagem após 6 meses de crescimento.

Destacam-se como espécies recomendadas para plantio de mudas *T. surinamensis*, *A. macrocarpa* e *Tabebuia* sp. Destas, sobressai *T. surinamensis* com altas taxas de germinação, crescimento e sobrevivência. Altas taxas de germinação e crescimento podem compensar a menor sobrevivência de *Tabebuia* sp., enquanto crescimento lento de *A. macrocarpa* pode ser compensado pelas altas taxas de germinação e sobrevivência. Como sobrevivência independe da distância do leito do rio na faixa testada, as espécies são indicadas para o reflorestamento numa ampla faixa de largura da margem das matas ciliares. A incipiente germinação potencial de *S. spectabilis* e a baixa germinação e sobrevivência de *E. contortisiliquum* tornam-nas pouco recomendadas.

Considerando-se o método de semeadura direta observa-se que a germinação no campo foi variável entre as espécies sendo maior em *T. surinamensis* e *E. contortisiliquum*. Em geral, a germinação no campo foi significativamente reduzida com relação a potencial, sendo nula em *G. ulmifolia*, em torno de 10% em *Tabebuia* sp., inferior a 3% em *A. macrocarpa*

e reduzida em cerca de 50 % em *T. surinamensis*. A única exceção foi *E. contortisiliquum*, cuja germinação no campo foi equivalente à potencial (tabela 5). A ausência de significância do efeito da distância e da interação espécie x distância indicam que germinação em todas as espécies independe da distância do leito do rio (tabelas 6 e 7).

A sobrevivência também variou significativamente entre as espécies, sendo maior em *T. surinamensis* com 60%, seguida de *E. contortisiliquum* com 30 %, de *Tabebuia* sp e *A. macrocarpa* ao redor de 10% e *G. ulmifolia* com sobrevivência nula. O efeito significativo da distância e ausência de interação espécie x distância indicam que sobrevivência foi afetada pela distância do leito do rio sendo, a exceção de *G. ulmifolia* com sobrevivência nula, maior em áreas mais afastadas entre 48 e 68 m (tabelas 8 e 9).

A dramática redução da germinação no campo na maioria das espécies e a ausência de correlação positiva entre esta e a potencial ($r = -0,83$; $p=0,09$) indicam que germinação potencial não é um parâmetro adequado para a seleção de espécies no método de semeadura direta a lanço. Embora germinação no campo não se correlacione significativamente com sobrevivência ($r= 0,74$; $p=0,14$), as espécies com maior germinação exibiram maior taxa de sobrevivência a qual também se correlaciona positivamente com a velocidade de germinação ($r=0,91$; $p=0,07$) e TCR ($r=0,92$; $p=0,08$) (tabela 10). A taxa de germinação no campo (% e velocidade) e a velocidade de crescimento das plantas são fatores determinantes da sobrevivência constituindo-se parâmetros valiosos na seleção das espécies neste método. A maior sobrevivência decorre da maximização da habilidade competitiva com invasoras (Sun *et al.*, 1995; David & Botelho, 1999), pois, neste método, o

Tabela 5 - Germinação potencial (Gp), germinação no campo (Gc), taxa de crescimento relativo (TCR) e sobrevivência no método semeadura direta de espécies arbóreas da mata ciliar do município de Barra do Corda-MA. Gp (em laboratório); - não determinado. (Potential germination (Gp), field germination (Gc), relative growth rate (TCR) and survival by direct sowing method of the wood species of riparian forest in the municipality of Barra do Corda -MA. Gp (in laboratory); - not measured)

Espécie	Germinação (%)		TCR (g.g.d ⁻¹)	Sobrevivência(%)
	Gp	Gc		
<i>T. surinamensis</i>	48,7	26,8*	-	61,8 ^a
<i>E. contortisiliquum</i>	35	36,9	0,20	30,8 ^b
<i>A. macrocarpa</i>	59	2,8 *	0,006	13,3 ^c
<i>Tabebuia</i> sp	80	10,1*	0,012	8,15 ^c
<i>G. ulmifolia</i>	71,3	0,0 *	0,002	0 ^d

*Indicam diferenças significativas entre Gc e Gp de cada espécie. Letras diferentes indicam diferenças significativas na sobrevivência entre espécies.

intenso sombreamento por *Brachiaria* sp., observado após 6 meses, aparenta ser o principal fator de mortalidade.

O maior tamanho das sementes observado em *T. surinamensis* e *E. contortisiliquum* pode ser uma das causas da maior germinação e sobrevivência destas espécies. Harper *et al* (1970) e Silvertown (1989) postulam que a maior massa das

Tabela 6 - Porcentagem de germinação das sementes em função da distância do leito do rio no município de Barra do Corda-MA. (Germination percentage of seeds in function of the riverbed distance in the municipality of Barra do Corda -MA).

Espécie	Distância do rio (m)		
	8 - 28	28 - 48	48 - 68
<i>E. contortisiliquum</i>	41,6	33,9	35,1
<i>T. surinamensis</i>	29,0	27,9	23,2
<i>Tabebuia</i> sp.	12,5	11,3	6,5
<i>A. macrocarpa</i>	3,57	2,9	1,8
<i>G. ulmifolia</i>	0	0	0

Tabela 7 - Resultados da análise de variância dos dados de germinação das sementes na área experimental. (Results of the analysis of variance of seed germination data from experimental area)

Efeito	SQ	Graus de liberdade	QM	F	P
Espécies	9127,17	3	3042,39	35,7855	0,000000
Distância	351,15	2	175,57	2,0652	0,137918
Distância* Espécie	113,24	6	18,87	0,2220	0,967796
Erro	4080,84	48	85,02		

Tabela 8 - Porcentagem de sobrevivência de plântulas em função da distância do leito do rio no método de semeadura direta no município de Barra do Corda-MA. (Percentage of survival seedlings in function of the riverbed distance by the direct sowing method in the municipality of Barra da Corda-MA.)

Espécie	Distância do rio (m)		
	8 - 28	28 - 48	48 - 68
<i>T. surinamensis</i>	23,3	70,4	91,7
<i>E. contortisiliquum</i>	10,1	32,2	49,5
<i>A. macrocarpa</i>	0	0	40
<i>Tabebuia</i> sp	0	0	24,4
<i>G. ulmifolia</i>	0	0	0

Tabela 9 - Resultados da análise de variância dos dados de sobrevivência no método de semeadura direta. (Results of the analysis of variance of the survival's data by the direct sowing method).

Efeito	SQ	Graus de liberdade	QM	F	P
Espécies	20904,41	3	6968,14	11,78343	0,000007
Distância	14580,50	2	7290,25	12,32814	0,000048
Distância* Espécie	4093,94	6	682,32	1,15384	0,346543
Erro	28384,83	48	591,35		

sementes é uma característica de considerável valor adaptativo. Numa população, plântulas originadas de sementes maiores em massa podem emergir de profundidades maiores no solo (Yanful & Maun, 1996), sobrevivem por mais tempo sob condições adversas como: alta taxa de desfoliação (Careaga, 1989 in Paz *et al.*, 1999), baixa luminosidade (Howe *et al.* 1985), baixa umidade (Manga e Yadav, 1995) e limitação de nutrientes (Allsopp & Stock, 1995). Camargo *et al.* (2002) testando a semeadura direta de onze espécies florestais nativas também obtiveram uma correlação positiva entre o tamanho da semente e sobrevivência das plântulas.

Embora as sementes das espécies germinem igualmente em toda a área, a sobrevivência das plântulas é significativamente afetada pela distância. Considerando que o método de semeadura direta a lanço mimetiza a regeneração natural no ecossistema, a maior sobrevivência na faixa entre 48 – 68 m indica que, a exceção de *G. ulmifolia* com sobrevivência nula, as espécies exibem preferência por regiões mais distantes das margens que, em geral, apresentam solos mais bem drenados e menos férteis (Van den Berg & Oliveira-Filho, 1999).

Os resultados indicam que neste método é necessária uma seleção mais criteriosa das espécies, sendo as mais indicadas *T. surinamensis* e *E. contortisiliquum* com maiores taxas de germinação, crescimento e sobrevivência. Restrições devem ser feitas a *Tabebuia* sp. e *A. macrocarpa* com baixa germinação e sobrevivência, enquanto *G. ulmifolia*, com germinação nula, é contra indicada.

A densidade final obtida de plantas de cada espécie (tabela 11) confirma a indicação de *T. surinamensis* e *E. contortisiliquum* no método de semeadura direta e o baixo rendimento de *Tabebuia* sp e *A. macrocarpa* com densidades significativamente baixas. No método do plantio de mudas

Tabela 10. Correlações e teste univariado de significância entre germinação, taxa de crescimento relativo e sobrevivência no método de semeadura direta. (Correlations and univariate tests of significance between germination, relative growth rate and survival by the direct sowing method.)

Efeito	R	GL	QM	F	P
Germinação potencial x germinação no campo	-0,83	1	858,86	6,20	0,09
resíduo		3	138,34		
Germinação no campo x sobrevivência	0,74	1	563,29	3,73	0,14
resíduo		3	150,96		
Velocidade de germinação x sobrevivência	0,91	1	98,76	6,93	0,07
resíduo		3	14,24		
Taxa de crescimento relativo x sobrevivência	0,92	1	420,60	9,46	0,08
resíduo		2	44,41		

T. surinamensis destaca-se com densidade significativamente superior às demais espécies, sendo o método também indicado para *A. macrocarpa*, *Tabebuia* sp e *S. spectabilis*, esta última após a efetiva quebra da dormência das sementes.

Na comparação da eficiência dos dois métodos no processo de reflorestamento observa-se que *T. surinamensis* exibe densidade equivalente de indivíduos em ambos os métodos. A maior facilidade na execução do método de semeadura direta e mesmo a possibilidade de aumento na densidade com o aumento do número de propágulos dispersos, a recomendam para a utilização no método de semeadura. O mesmo se aplica a *E. contortisiliquum*, com baixa sobrevivência no plantio de mudas e que exibe densidade significativamente maior no método de semeadura direta. As demais espécies são mais indicadas para reflorestamento a partir do plantio de mudas.

Tabela 11 - Sobrevivência das espécies (nº. de indivíduos/m²) em cada método de reflorestamento. - não determinado. (Survival of species (numbers of individuals/m²) in each reforestation method). - not measured)

Espécies	Semeadura Direta	Plantio de mudas
<i>T. surinamensis</i>	0,60 ^a	0,47 ^a
<i>E. contortisiliquum</i>	0,42 ^a	0,18 ^{c *}
<i>Tabebuia</i> sp.	0,02 ^b	0,25 ^{c *}
<i>A. macrocarpa</i>	0,03 ^b	0,33 ^{b *}
<i>S. spectabilis</i>	-	0,32 ^b
<i>G. ulmifolia</i>	0 ^d	-

Asteriscos indicam diferenças significativas entre os métodos na mesma espécie. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre espécies no mesmo método (p ≤ 5%)

CONCLUSÕES

Comparando-se os dois métodos pode-se concluir que *T. surinamensis* e *E. contortisiliquum* são mais indicadas para reflorestamento a partir da semeadura direta, método no qual foram estabelecidas, respectivamente, uma igual ou superior densidade de plantas. *A. macrocarpa* e *Tabebuia* sp são mais indicadas para reflorestamento a partir de plantio de mudas, onde foi obtida uma densidade significativamente maior de plantas. Devido a baixa germinação potencial, *S. spectabilis* só pode ser avaliada no plantio de mudas, método no qual exibe sobrevivência e densidade de plantas relativamente alta.

Agradecimentos à Merck S.A. pelo apoio logístico na execução do trabalho.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Allsopp, N.; Stock, W.D. 1995. Relationship between seed reserves, seedling growth and micorrhizal responses in 14 related shrubs (Rosidae) from a low- nutrient environment. *Functional Ecology*, 9:248-254.
- Araki, D.F. 2005. *Avaliação da sementeira a lanço de espécies florestais nativas para a recuperação de áreas degradadas*. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Esalq, Piracicaba, SP. 150pp.
- Barbosa, J.M.; Santos, M.R.O.; Pisciotano, W.A.; Barbosa, L.M.; Santos, S.R.G. 1996. Estabelecimento de indivíduos de *Inga uruguaiensis* Hook. et. Arn. a partir do plantio de sementes em uma área ciliar degradada, considerando diferentes condições de luz e umidade do solo. In: Simpósio Internacional de Ecossistemas Florestais, 2., Belo Horizonte, 1996. *Anais*. Belo Horizonte: UFMG. p. 291-293.
- Barbosa, J.M.; Barbosa L.M.; Stross, S.R.; Silva, T.S.; Gatuzzo, E.H.; Freire, R.M. 1992. Recuperação de áreas degradadas a partir de sementes. In: Congresso Nacional de Essências Nativas, 1., São Paulo, 1992. *Anais*. São Paulo: Instituto Florestal. p. 702-705.
- Barbosa, L.M. 1996. Ecological significance of gallery forests, including biodiversity. In: Proceedings of the international symposium on assessment and monitoring of forests in tropical dry regions with special reference to gallery forests, Brasília, 1996. *Livro de Resumos*. Brasília. p. 2-2.
- Barrela, W.; Petreire Jr, M.; Smith, W.S.E.; Montag, L.F.A. 2000. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. (Ed.). *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. EDUSP, São Paulo. p. 187-207.
- Camargo, J.L.C.; Ferraz, I.D.K.; Imakawa, A.M. 2002. Rehabilitation of degraded areas of central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. *Restoration Ecology*, 10 (4): 636-644.
- Daniel, O.; Jankauskis, J. 1989. Avaliação de metodologia para o estudo do estoque de sementes do solo. *Ipef*, 41-42: 18-26.
- Darigo, R.M.; Quintela, M. F. S. 2002. Sobrevivência e crescimento de espécies nativas na revegetação de uma área impactada no Lago Batata, Porto Trombetas, Pará. In: V Simpósio Nacional Sobre Recuperação De Áreas Degradadas - Água e Biodiversidade, 2002, Belo Horizonte/MG. p. 526-528.
- Davide, A.C. ; Botelho, S.A. 1999. Análise crítica dos programas de recomposição de matas ciliares em Minas Gerais. In: Simpósio Mata Ciliar, 1999, Belo Horizonte. Coordenação do Simpósio Mata Ciliar. UFLA, Lavras. p. 172-188.
- Durigan, G.; Nogueira, J. C. B. 1990. *Recomposição de matas ciliares: orientações básicas*. São Paulo: IF, n. 4. 14 p (Série Registros)
- Durigan, G.; Silveira, E. R. da, 1999. Recomposição de mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. *Scientia Florestalis*, 56:135 – 144.
- Engel, V.L.; Parrota, J.A. 2001. An evaluation of direct seeding for restoration of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 152:169-181.
- Engel, V. L.; Santos, P. E. M.; Patrício, A. L.; Munhoz, M. O. 2002. Implantação de espécies nativas em solos degradados através de sementeira direta. In: V Simpósio Nacional Sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Belo Horizonte, 2002. *Anais do V Simpósio Nacional Sobre Recuperação de Áreas Degradadas: Água e biodiversidade* (Trabalhos Voluntários). Belo Horizonte. p. 407-409.
- Fonseca, C. E. L.; Ribeiro, J. F.; Souza, C. C.; Rezende, R. P.; Balbino, V. K. 2001. Recuperação da vegetação de Matas de Galeria: estudos de caso no Distrito Federal e Entorno. In: José Felipe Ribeiro; Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca; José Carlos Souza Silva. (Org.). *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*. 1 ed. Vol.1. Brasília: Embrapa Cerrados. p. 815-870.
- Felfilli, M.F.; Mendonça, R.C.; Walter, B.M.T.; Júnior, M.S.C.; Silva, M.A. 2001. Flora fanerogâmica das matas de galeria e ciliares do Brasil Central. In: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L.; Souza-Silva, J.C. (Ed.) *Cerrado - caracterização e recuperação de matas de galeria*. Vol.1. Planaltina, DF. p. 195-209.
- Ferreira, R.A. 2002. *Estudo da sementeira direta visando a implantação de matas ciliares*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. 138 pp.
- Ferreira, R. A.; Davide, A. C.; Motta, M. S. 2002. Sementeira direta para implantação de matas ciliares: viabilidade de sementes de *Senna multijuga* (Rich) Irwin et Barn. num banco de sementes introduzido. In: V Simposio Nacional Sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Belo Horizonte, 2002. *Anais de Trabalhos Voluntários*. Viçosa. p. 266-268.
- Garwood, N.C. 1989. Tropical Soil Seed Banks: a Review. In: Leck, M. A.; Parker, T. V.; Simpson, R. (Eds.). *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, San Diego. p. 149-210.
- Glufke, C. 1999. *Espécies florestais recomendadas para recuperação de áreas degradadas*. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 48pp.
- Gomes, F.P. 1985. *Curso de estatística experimental*. 13.ed. ESALQ/ USP, São Paulo. 467pp.
- Harper, J.L.; Lowell, P.H.; Moore, K.G. 1970. The shapes and sizes of seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1:327-356.
- Howe, H.F.; Schupp, E.; Westley, L.C. 1985. Early consequences of seed dispersal for a neotropical tree (*Virola surinamensis*). *Ecology*, 66: 781-791.
- IBGE. 1984. *Atlas do estado do Maranhão*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- IBGE. 1997. *Zoneamento Geoambiental do Estado do Maranhão: diretrizes gerais para ordenação territorial*. Divisão de Geociências da Bahia, Salvador. 44pp.
- Labouriau, L.F.G. 1983. *A Germinação de sementes*. Organização dos Estados Americanos, Washington. 174pp.
- Longman, K.A.; Jenik, J. 1987. *Tropical forest and its environment*. 2 ed. Longman Scientific & technical, New York. 347 pp.
- Martins, S.V. 2001. *Recuperação de Matas Ciliares*. Aprenda Fácil, Viçosa, MG. 143 pp.

- Manga, V.K.; Yadav, O.P. 1995. Effect of seed size on development traits and ability to tolerate drought in pearl millet. *Journal of Arid Environments*, 29:169-172.
- Naiman, R.J.; Décamps, H. 1997. Ecology of Interfaces: Riparian Zones. *Annual Reviews in Ecological Systems*, 28: 621-658.
- Nappo, M.E.; Gomes, L.J.; Chaves, M.M.F. 1999. Reflorestamentos mistos com essências nativas para recomposição de matas ciliares. *Boletim Agropecuário da Universidade Federal de Lavras*, 30:1-31.
- Nimer, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-SUPREN, 2 ed. Rio de Janeiro.
- Parrota, J.A. & Knowles, O. H. 1999. Restoring of tropical Moist forest on bauxite-mined lands in Brazilian Amazon. *Restoration Ecology*, 7(2):103-116.
- Pickett, S.T. 1983. Differential adaptation of tropical tree species to canopy gaps and its role in community dynamics. *Tropical Ecology*, 24: 68-84.
- Paz, H.; Mazer, S.J.; Martinez-Ramos, M. 1999. Seed mass, seedling emergence and environmental factors in seven rain forest Psychotria (Rubiaceae). *Ecology*, 80:1594-1606.
- Rezende, A. V. 1998. Importância das matas de galeria: manutenção e recuperação. In: Ribeiro, J. F. (Ed). *Cerrado: matas de galerias*. EMBRAPA - CPAC Planaltina. p. 1-16.
- Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. 2001. As Matas de Galeria no contexto do bioma Cerrado. In: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.L.F.; Sousa-Silva, J.C. (Org.). *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*. 1 ed. Vol.1. Embrapa Cerrados, Brasília. p. 29-47.
- Salvador, J.L.G. 1986. Comportamento de espécies florestais nativas em áreas de depleção de reservatório. *IPEF*, 33:73-78.
- Schimtz, M.C. 1992. Banco de sementes no solo em áreas do reservatório da UHE Paraibuna. In: KAGEYAMA, P. Y. *Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidrelétricas da CESP*. IPEF, 8(25): 7-8.
- Silvertown, J. 1989. The paradox of seed size and adaptation. *Trends in Ecology and Evolution*, 4:24-26.
- Simpson, R.L.; Leck, M.A.; Parker, V.T. 1989. *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, California. 385 pp.
- Smith, D.M. 1986. *The practice of silviculture*. 8 ed. John Wiley, New York. 527pp.
- Sun, D.; Dinckinson, G.R.; Bragg, A.L. 1995. Direct seeding of *Alphitonia petrei* (Rhamnaceae) for gully revegetation in tropical northern Australia. *Forest Ecology and Management*, 73(1-3): 249-257.
- Toumey, J.W.; Korstian, C.F. 1967. *Seeding and planting in the practice of forestry*. John Wiley, New York. p. 205-218.
- Van Den Berg, E.; Oliveira-Filho A.T. 1999. Spatial partitioning among tree species within an area of tropical montane gallery forest in south-eastern Brazil. *Flora*, 194(3): 249-266.
- Willoughby, I.; Jinks R.L.; Kerr, G.; Gosling P.G. 2004. Factors affecting the success of direct seeding for lowland afforestation in the UK. *Forestry*, 77(5): 467-482.
- Wismar, R.C.; Beschita, R.L. 1998. Restoration and management of riparian ecosystems: a catchment perspective. *Freshwater Biology*, 40:571-585.
- Yanful, M.; Maun, M.A. 1996. Effects of burial of seeds and seedlings from different seed sizes on the emergence and growth of *Strophostyles belvola*. *Canadian. J. Bot.*, 74:1322-1330.
- Zar, J. A. 1996. *Bioestatistical Analysis*. 3 ed. Prentice Hall International, New Jersey.

Recebido em 09/03/2008

Aceito em 19/07/2008

