

## Semeadura direta de leguminosas florestais: efeito da inoculação com rizóbio na emergência de plântulas e crescimento inicial no campo

Direct seeding of forest leguminous trees: rhizobia inoculation effect on plantlet emergence and early growth in field conditions

Pablo Guenther Soares<sup>1</sup> e Ricardo Ribeiro Rodrigues<sup>2</sup>

### Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação com rizóbio no estabelecimento e no crescimento inicial de leguminosas (Fabaceae) arbóreas nativas semeadas diretamente no campo. A semeadura foi feita manualmente em mata ciliar no norte do Estado de São Paulo, utilizando-se 20 sementes por metro linear com e sem inoculante de rizóbio. Foram avaliados a emergência de plântulas até três meses após a semeadura (MAS) e o crescimento em altura aos 13 MAS. De forma geral, houve grande variação entre as espécies estudadas. *Acacia polyphylla* e *Enterolobium contortisiliquum* apresentaram taxa de emergência mediana e rápido crescimento. *Mimosa bimucronata* e *Parapiptadenia rigida* apresentaram crescimento relativamente rápido e baixa emergência de plântulas no campo. *Erythrina speciosa* e *Poecilanthe parviflora* apresentaram crescimento lento e elevada emergência de plântulas. A inoculação com rizóbio não influenciou significativamente o estabelecimento e o crescimento inicial das plantas.

**Palavras-chave:** Recuperação de matas ciliares, Semeadura manual, Espécies arbóreas nativas, Inoculação de sementes, Fabaceae

### Abstract

The aim of this work was to assess rhizobia inoculation effect on establishment and early growth of direct-seeded indigenous leguminous (Fabaceae) trees. Sowing was done directly by hand in a riparian zone in northern São Paulo State, Southeastern Brazil, with inoculated and non-inoculated plots with 20 seeds per meter of row. Seedling emergence (% of total planted seeds) was evaluated every fifteen days until three months after sowing (MAS) and height was evaluated at 13 MAS. In general, there were strong variations among the species. *Acacia polyphylla* and *Enterolobium contortisiliquum* had a moderate germination rate but a faster growth. *Mimosa bimucronata* and *Parapiptadenia rigida* were fast-growing but with a low emergence rate. *Erythrina speciosa* and *Poecilanthe parviflora* had a slow growth rate, but high emergence percentage. Rhizobia inoculation did not affect significantly either seedling emergence or early growth.

**Keywords:** Restoration of Riparian Forests, Hand-sowing, Indigenous tree species, Fabaceae seed inoculation

### INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica e o Cerrado brasileiro que cobriam, respectivamente, toda a porção leste e parte do interior do país, hoje estão reduzidos a fragmentos isolados. Dentre as atividades antrópicas de ocupação e uso do solo, a exploração agropecuária intensiva é responsável pela maior extensão de áreas degradadas, resultado de práticas inadequadas às condições de solo e clima tropicais (PRIMAVESI, 1999). Dada a magnitude das ações a serem realizadas para a restauração de ecossistemas florestais degradados, principalmente ao longo das matas ciliares e outras áreas destinadas à preservação permanente (RODRIGUES e GANDOLFI,

2004), a seleção de espécies de caráter mais rústico assume grande importância não só para garantir a sobrevivência no campo, mas também para proporcionar o ambiente adequado ao surgimento de outras espécies, a fim de facilitar a sucessão vegetal e reverter o processo de degradação.

As leguminosas da família Fabaceae, abundantes nos trópicos, despertam interesse para o múltiplo uso já que, em sua maioria, são lenhosas e perenes, se adaptam aos mais diversos ecossistemas brasileiros e são capazes de fixar nitrogênio atmosférico em associação com bactérias comumente chamadas de rizóbio (SPRENT, 1995). Além de proporcionar a economia com fertilizantes nitrogenados, aspecto importante

<sup>1</sup>Mestre em Recursos Florestais pelo Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo

<sup>2</sup>Professor Titular do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail – [rrr@esalq.usp.br](mailto:rrr@esalq.usp.br)

para agricultores menos capitalizados das regiões tropicais (DÖBEREINER, 1990; ROY *et al.*, 2002), a introdução de plantas nativas em associação com comunidades manejadas de micro-simbiontes, como fungos micorrízicos arbusculares e bactérias fixadoras de N<sub>2</sub>, constitui uma promissora ferramenta biotecnológica para auxiliar no repovoamento de ecossistemas desertificados ou em processo de desertificação/degradação (FRANCO e FARIA, 1997; REQUENA *et al.*, 2001).

A semeadura direta (SD) de espécies arbóreas no campo apresenta como principal vantagem a redução dos custos de implantação de povoamentos florestais, com a eliminação da fase de viveiro e da mão-de-obra, importante em áreas carentes de recursos ou de difícil acesso (BARNETT e BAKER, 1991). Além disso, caso as condições físicas do substrato sejam favoráveis, com as sementes germinando diretamente no solo as raízes se desenvolvem sem as limitações de crescimento que teriam em tubetes ou em sacos plásticos (FLORES-AYLAS, 1999). No Brasil, onde essa técnica ainda é pouco empregada, os trabalhos de pesquisa com fins ambientais têm-se intensificado nos últimos anos, para a recuperação de áreas mineradas (PARROTTA e KNOWLES, 1999), da Amazônia (CAMARGO *et al.*, 2002) e de matas ciliares (ALMEIDA, 2004).

Apesar da importância da interação entre leguminosas e bactérias eficientes em fixar N<sub>2</sub> ser bem reconhecida, pouco esforço tem sido realizado para usar a simbiose de plantas nativas na SD em larga escala, visando a reabilitação e restauração de ecossistemas naturais (THRALL *et al.*, 2005). Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação com rizóbio no estabelecimento e no crescimento inicial de leguminosas arbóreas nativas implantadas no campo por semeadura direta.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Mata Chica, município de Morro Agudo, Esta-

do de São Paulo (20°40'32" S; 48°04'23" W), em local originalmente ocupado por mata ciliar descrita fitogeograficamente como contato Savana Florestada (Cerradão) / Floresta Estacional (SÃO PAULO, 2005). A área foi explorada com lavoura canavieira em um passado recente e depois ficou ausente de manejo. O clima local é tropical chuvoso, Cwa na classificação de Köppen (1948), com precipitação pluviométrica anual de 1530 mm e temperatura máxima de 28°C e mínima de 17°C (médias mensais). O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 1999), cuja análise química apresentou pH (CaCl<sub>2</sub>) de 4,8; 28 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica; 12 mg dm<sup>-3</sup> P; 5, 38, 14 e 31 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K, Ca, Mg e H+Al, respectivamente.

Na área de estudo, caracterizada como canavial abandonado, foi feita uma roçada para a remoção das gramíneas remanescentes. Após a limpeza, foram realizadas as operações de aração e gradagem, com o objetivo de destorroar o solo e eliminar o banco de propágulos de invasoras ali existente. Por fim, uma sulcadora abriu as linhas (sulcos) de semeadura, nas quais foi aplicado Superfosfato Triplo, na ordem de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Embora o resultado da análise química do solo não tenha demonstrado limitações críticas de P para as plantas, a adubação fosfatada foi realizada para garantir o suprimento (ou prevenir a deficiência) necessário à fixação biológica de N em leguminosas, tendo em vista o alto requerimento de P nesse processo (ISRAEL, 1987; SMITH, 1992; EDWARDS *et al.*, 2006).

Foram selecionadas espécies arbóreas pertencentes à família Fabaceae (Leguminosae), relacionadas na Tabela 1, que comprovadamente nodulam (FARIA *et al.*, 1987; FARIA e LIMA, 1998; FARIA, 2002), com exceção de *Acacia polyphylla*. A escolha desta espécie é balizada pela sua ocorrência natural na região e pela possibilidade de resposta à inoculação, utilizando-se estirpes de rizóbio desenvolvidas para outra espécie do gênero *Acacia*.

**Tabela 1.** Espécies de Fabaceae selecionadas para semeadura direta na área experimental, Morro Agudo, Estado de São Paulo.

**Table 1.** Fabaceae species selected for direct-sowing in the field, Morro Agudo, São Paulo State, Brazil.

Nome científico	Sub-Família	Nome vulgar
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Mimosoideae	monjoleiro
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Papilionoideae	sucupira-preto
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Mimosoideae	orelha-de-negro
<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	Papilionoideae	mulungu-do-litoral
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) O. Kuntze	Mimosoideae	maricá
<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	Papilionoideae	olho-de-cabra
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Mimosoideae	angico-vermelho
<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.	Papilionoideae	coração-de-negro

Para a superação da dormência, as sementes de *Bowdichia virgilioides*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Ormosia arborea* foram imersas em ácido sulfúrico durante 10, 10 e 35 min, respectivamente, sendo depois lavadas com água. (FOWLER e MARTINS, 2001).

Foi feita semeadura manual diretamente no campo. As sementes foram acomodadas dentro dos sulcos abertos e cobertas com uma fina camada de terra, suficiente para protegê-la da incidência dos raios solares. Cada parcela constituiu uma linha de 10 m. A densidade de semeadura foi de 200 sementes por parcela, ou seja, 20 sementes por metro linear. O espaçamento entre linhas foi de 1,5 m, totalizando uma área útil de 0,2 ha. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Cada bloco foi formado por 16 parcelas (linhas); oito delas sem inoculação, mais o mesmo número com sementes inoculadas.

Os inoculantes foram produzidos com estirpes de rizóbio devidamente selecionados para cada espécie de leguminosa, com base em experimentos conduzidos pela EMBRAPA Agrobiologia (Seropédica, RJ) em vasos com solo esterilizado e não esterilizado (FARIA, 2002). Exceção foi com *Acacia polyphylla* e *Ormosia arborea*, para as quais, não havendo inoculantes específicos disponíveis, foram usados inoculantes recomendados para *A. mangium* e *O. nitida*, respectivamente. A inoculação foi feita um dia antes da semeadura, misturando-se as sementes levemente umedecidas com o inoculante e mantendo-as à sombra (DE-POLLI e FRANCO, 1985; KEYSER, 1990).

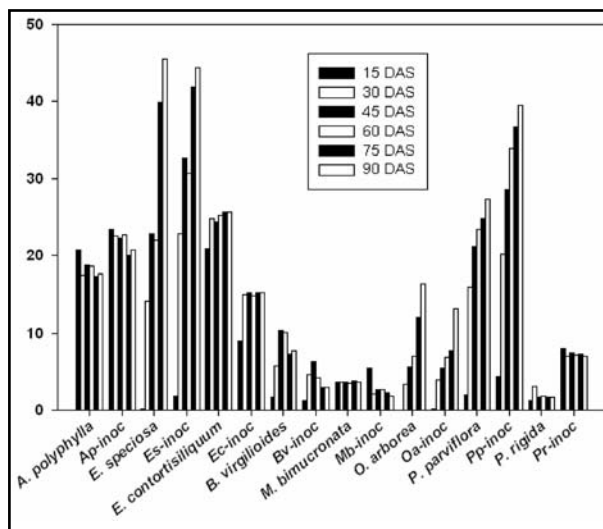
A emergência das plântulas foi avaliada durante os primeiros três meses após a semeadura (MAS), em intervalos de 15 dias, com base na contagem das plântulas emergidas. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) em relação ao total de sementes utilizadas em cada repetição. Por ocasião da estação seca, na última contagem (realizada aos três MAS) consideraram-se as mudas formadas como sobreviventes desta fase inicial, visto que a emergência de novas plântulas havia praticamente cessado. Em cada parcela foram mantidas até 10 plantas, preferencialmente espaçadas em 1 m, para medição do crescimento. Para evitar competição, as demais plantas da linha foram submetidas ao desbaste aos 10 meses após a semeadura. As plantas retiradas foram examinadas quanto à presença de nódulos em suas raízes, apenas para efeito de observação da obtenção de N atmosférico, não

sendo submetido à análise. O crescimento foi avaliado medindo-se a altura das plantas aos 13 meses após a semeadura.

As diferenças entre tratamentos e entre as espécies (no estudo da emergência de plântulas, apenas) foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e analisadas com auxílio do programa estatístico SAS. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Para as diferenças de altura entre as espécies, devido às características naturais de seus genótipos, foram considerados apenas a média e o desvio-padrão, para efeito comparativo.

## RESULTADOS

Houve grande variação entre as espécies, tanto na porcentagem quanto na velocidade de emergência. As plântulas de *A. polyphylla*, *E. contortisiliquum*, *M. bimucronata* e *P. rigida* emergiram nos primeiros 30 dias após a semeadura, enquanto que para as demais espécies (*B. virgilioides*, *E. speciosa*, *O. arborea* e *P. parviflora*) a emergência das plântulas ocorreu mais tardiamente (Figura 1).

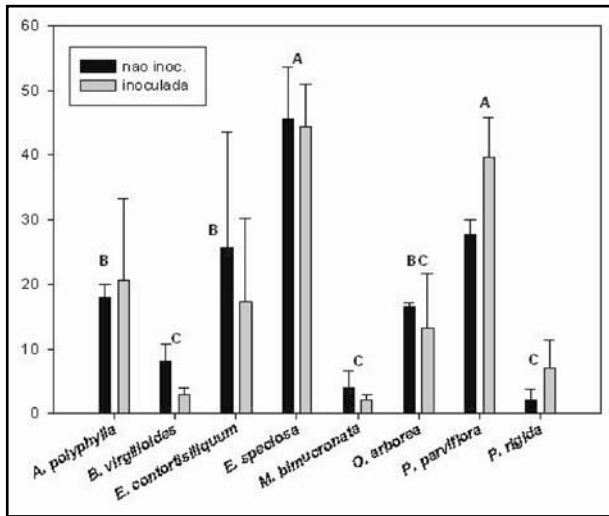


**Figura 1.** Emergência (%) de plântulas de Fabaceae na área experimental, por época de avaliação (DAS: dias após a semeadura; inoc: tratamento com inoculação).

**Figure 1.** Fabaceae seedling emergence (%) in the field, by evaluation period (DAS: days after sowing; -inoc: rhizobia inoculated seeds).

Na última contagem (90 dias após a semeadura), maior taxa de emergência foi constatada para *E. speciosa*, com cerca de 45 % de indivíduos, seguida por *P. parviflora* (Figuras 1 e 2). Observou-se baixo potencial germinativo das sementes pequenas, representadas por *B. virgilioides*, *M. bimucronata* e *P. rigida*, quando comparadas com as sementes maiores de outras

espécies (Figura 2). A inoculação com rizóbio não afetou significativamente a emergência de plântulas.



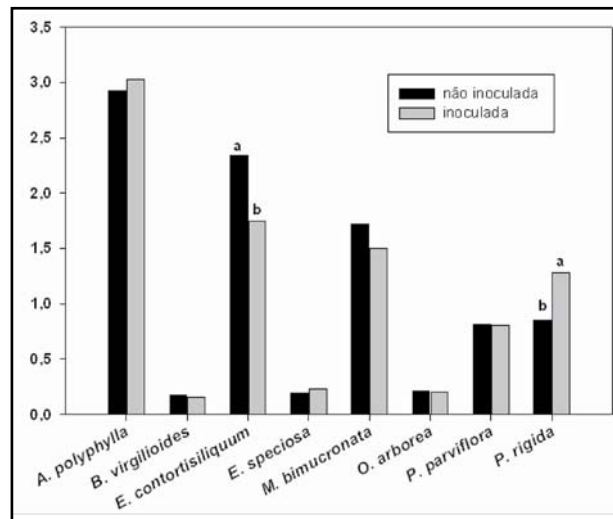
**Figura 2.** Emergência (%) de plântulas de Fabaceae no campo experimental aos três meses após a semeadura (espécies com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%).

**Figure 2.** Fabaceae seedling emergence (%) in the field, three months after sowing (species with the same letter don't differ by Tukey test,  $p \leq 0,05$ )

Para efeito de comparação, *A. polyphylla* apresentou rápido desenvolvimento, atingindo 3 m de altura, seguida por *E. contortisiliquum* e *M. bimucronata*, que ultrapassaram 1,5 m de altura aos 13 MAS (Figura 3). *P. rigida* e *P. parviflora* apresentaram crescimento moderado, enquanto que para *B. virgilioides*, *O. arborea* e *E. speciosa*, o crescimento foi bastante lento. Foi observada nas folhas destas duas últimas espécies, alta incidência de herbivoria.

A inoculação com rizóbio não causou diferença significativa em relação ao crescimento em altura das plantas após um ano de semeadura, com exceção de *Enterolobium contortisiliquum* e *Parapiptadenia rigida* (Figura 3). *P. rigida* foi a única espécie que respondeu positivamente à inoculação. No entanto, a baixa germinação de sementes / emergência de plântulas no campo levou a um número reduzido de indivíduos analisados por parcela, deixando dúvidas quanto a essa constatação. No caso de *E. contortisiliquum*, as plantas desenvolvidas a partir de sementes não inoculadas cresceram mais do que as que tiveram as sementes inoculadas com rizóbio.

Foi constatada a presença de formação de nódulos radiculares nas plantas retiradas pelo desbaste, em todas as espécies observadas, com exceção de *Acacia polyphylla*.



**Figura 3.** Crescimento em altura (m) das plantas aos 13 meses após a semeadura (valores com letras diferentes, para cada espécie, diferem entre si no teste de Tukey a 5%).

**Figure 3.** Height growth (m) of at 13 months after sowing (different letters, for each species, differ among themselves according to Tukey test,  $p \leq 0,05$ )

## DISCUSSÃO

A baixa taxa de germinação das sementes de menor tamanho vem confirmar os resultados obtidos em experimentos com semeadura direta de espécies florestais. Camargo *et al.* (2002) detectaram correlação positiva entre o tamanho das sementes e sua sobrevivência, concluindo que espécies de sementes grandes são mais apropriadas para a técnica de semeadura direta. Doust *et al.* (2006) também constataram maior estabelecimento de espécies arbóreas de sementes grandes, em comparação com espécies de sementes de tamanho pequeno e intermediário.

A ausência de resposta dos inoculantes utilizados em relação à emergência de plântulas indica que a associação entre a planta e o microorganismo não foi consolidada nos estágios iniciais do desenvolvimento vegetal, estando o sucesso da germinação estritamente relacionado com a própria capacidade de desenvolvimento embrionário, associada aos fatores climáticos. A formação do cordão de infecção, necessária ao desenvolvimento dos nódulos, depende da interação positiva entre hospedeiro e simbiote, que somente ocorre após o desenvolvimento das raízes e das primeiras folhas, em conjunto com o início da atividade fotossintética (SIQUEIRA e FRANCO, 1988).

Abrangendo cerca de 1200 espécies, o gênero *Acacia* é o mais numeroso da sub-família Mimosoideae. Embora a nodulação seja comum, este

gênero apresenta várias espécies comprovadamente não-nodulantes (SPRENT, 1995). Neste experimento, além da ausência de nódulos, o crescimento similar das plantas em ambos os tratamentos (inoculado e não inoculado) e o insucesso obtido na inoculação com estirpes selecionadas para *A. mangium* podem comprovar, para esta espécie, o status de testemunha leguminosa não-fixadora de N<sub>2</sub>. Segundo Brockwell *et al.* (2005), há um número elevado de trabalhos cuidadosamente conduzidos relatando várias espécies de *Acacia* spp. que mostraram ausência de nódulos (FARIA *et al.*, 1987; FARIA e LIMA, 1998).

A recomendação geral para o uso de inoculantes é feita com base nas condições de viveiro, onde os fatores externos são mais controlados, criando condições para uma associação planta-bactéria mais eficaz nos primórdios do desenvolvimento vegetal e minimizando a competição junto à rizosfera. Na ausência de maiores limitações ambientais, uma resposta positiva à inoculação somente é esperada quando espécies fixadoras de N<sub>2</sub> específicas (não-promíscuas, ou nodulantes com pouca variedade de estirpes de rizóbio) crescem em locais onde a densidade de rizóbio compatível é baixa ou nula (DOMMARGUES, 1995). No caso da SD no campo, a situação fica mais crítica, envolvendo competição com a microbiota do solo, estresse hídrico, radiação solar direta, disponibilidade de N mineral e presença de compostos xenobióticos, entre outros fatores. Nessas condições, tanto a semente quanto o rizóbio do inoculante nela revestido ficam mais susceptíveis às pressões do clima e do ambiente (HUNGRIA e VARGAS, 2000), podendo comprometer seriamente o resultado esperado.

Além disso, a presença de N proveniente da matéria orgânica do solo e de possíveis resíduos de fertilizantes industriais de culturas anteriores na área experimental pode indicar uma inibição da fixação do N atmosférico. A atividade da nitrógenase demanda alto custo energético para as plantas e, conseqüentemente, a FBN pelas leguminosas é fatalmente inibida pela presença de N mineral nesses solos (GEESING *et al.*, 2000; ZHANG e SMITH, 2002). Segundo Sprent (1995), a vantagem competitiva das leguminosas arbóreas prevê o uso eficiente de diversas fontes de N e que suas raízes sejam boas vasculhadoras do N do solo. Com isso, desenvolveram a capacidade não só de fixar o N<sub>2</sub> atmosférico, mas de adquirir esse elemento do solo com máxima eficiência, incluindo a associação com fungos micorrízicos e o aproveitamento de

N proveniente da matéria orgânica em decomposição (BODDEY *et al.*, 2000).

Em experimento de SD com *Acacia* spp. realizado na Austrália, Thrall *et al.* (2005) constataram que não houve diferença na colonização bacteriana entre tratamentos inoculados e não-inoculados, mostrando que um pequeno traço de populações de rizóbio de ocorrência natural no solo, em plantas não-inoculadas, foi hábil em proliferar suficientemente para iniciar o processo que leva à formação de nódulos. No presente trabalho, a presença de nódulos nas raízes de *E. contortisiliquum* em ambos os tratamentos pode indicar uma associação eficiente com a população de rizóbio nativa do solo e, dada à diferença de altura observada, uma alta competitividade das estirpes provenientes do inoculante em relação às nativas. Esse aspecto foi observado por Okogun e Sangina (2003) em plantios de soja na África. Em experimento conduzido com *Acacia mangium* na Costa do Marfim, Galiana *et al.* (2002) relacionaram a ausência de diferença no crescimento entre plantas inoculadas e não-inoculadas com a nodulação induzida pela população nativa de rizóbio.

O comportamento diferenciado entre as espécies, quanto à velocidade de emergência e padrão de crescimento, gera informações mais detalhadas que poderiam subsidiar a escolha de espécies em trabalhos de recuperação florestal, seja para um rápido preenchimento da área ou para a composição do banco de sementes, promovendo ocupação gradual da área e ocupando diferentes nichos. De forma geral, as espécies estudadas variaram em relação ao estabelecimento e crescimento no campo. Elas poderiam ser diferenciadas em determinados grupos, como *Acacia polyphylla* e *Enterolobium contortisiliquum*, que apesar da taxa de emergência de plântulas ser mediana, compensaram com um crescimento extremamente rápido; *Mimosa bimucronata* e *Parapiptadenia rigida*, com crescimento relativamente rápido, porém, baixo potencial de emergência no campo; plântulas de *Erythrina speciosa* e *Poecilanthe parviflora*, apesar do lento crescimento, emergiram abundantemente, podendo ser eficientes para a ocupação de estratos inferiores do povoamento. Futuros estudos são necessários para melhor compreensão sobre a interação das leguminosas nativas e seus microssimbiontes, tanto na revegetação de áreas degradadas quanto na melhoria das condições edafo-climáticas condicionantes ao surgimento de espécies mais exigentes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPAB – Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia da Embrapa, à CAPES – Coordenadoria de Aperfeiçoamento e Pessoal de Nível Superior e à Companhia Açucareira Cale do Rosário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, N.O. **Implantação de matas ciliares por plantio direto utilizando-se sementes selecionadas**. 2004. 269p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

BARNETT, J.P.; BAKER, J.B. Regeneration methods. In: DURYEY, M.L.E; DOUGHERTY, P.M. (Ed.) **Forest regeneration manual**. London: Kluwer Academic Publishers, 1991. p.35-50.

BODDEY, R.M.; PEOPLES, M.B.; PALMER, B.; DART, P.J. Use of <sup>15</sup>N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.57, n.3, p.235-270, 2000.

BROCKWELL, J.; SEARLE, S.D.; JEAVONS, A.C.; WAAYERS, M. **Nitrogen fixation in acacias: an untapped resource for sustainable plantations, farm forestry and land reclamation**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 2005. 132p. (ACIAR Monograph, 115)

CAMARGO, J.L.C.; FERRAZ, I.D.K.; IMAKAWA, A.M. Rehabilitation of degraded areas of Central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration ecology**, Oxford, v.10, n.4, p.636-644, 2002.

DE-POLLI, H.; FRANCO, A.A. **Inoculação de sementes de leguminosas**. Seropédica: Embrapa - UAPNPBS, 1985. 31p. (Embrapa-UAPNPBS Circular Técnica, 1)

DÖBEREINER, J. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.4, n.8, p.144-152, 1990.

DOMMARGUES, Y.R. Nitrogen fixation by trees in relation to soil nitrogen economy. **Fertilizer Research**, The Hague, v.42, n.1/3, p.215-230, 1995.

DOUST, S.J.; ERSKINE, P.D.; LAMB, D. Direct seeding to restore rainforest species: microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.234, n.1/3, p.333-343, 2006.

EDWARDS, E.J.; McCAFFERY, S.; EVANS, J.R. Phosphorus availability and elevated CO<sub>2</sub> affect biological nitrogen fixation and nutrient fluxes in a clover-dominated sward. **New Phytologist**, Oxford, v.169, p.157-167, 2006.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.

FARIA, S.M. **Obtenção de estirpes de rizóbio eficientes na fixação de nitrogênio para espécies florestais (aproximação 2001)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 16p. (Embrapa-CNPAB Documentos, 134)

FARIA, S.M.; LIMA, H.C. Additional studies on the nodulation status of legume species in Brazil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.200, p.185-192, 1998.

FARIA, S.M.; LIMA, H.C.; FRANCO, A.A.; MUCCI, E.S.F.; SPRENT, J.I. Nodulation of legume trees from South East Brazil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.99, p.347-356, 1987.

FLORES-AYLAS, W.W. **Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta: efeito de micorriza e fósforo**. 1999. 81p. Tese (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

FOWLER, J.A.P.; MARTINS, E.G. **Manejo de sementes de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 76p. (Embrapa-CNPB Documentos, 58)

FRANCO, A.A.; FARIA, S.M. The contribution of N<sub>2</sub>-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.29, n.5/6, p.897-903, 1997.

GALIANA, A.; BALLE, P.; N'GUESSAN KANGA, A.; DOMENACH, A.M. Nitrogen fixation estimated by the <sup>15</sup>N natural abundance method in *Acacia mangium* Willd. inoculated with *Bradyrhizobium* sp. and grown in silvicultural conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.34, p.251-262, 2002.

- GEESING, D.; FELKER, P.; BINGHAM, F.L. Influence of mesquite (*Prosopis glandulosa*) on soil nitrogen and carbon development: implications for global carbon sequestration. **Journal of Arid Environments**, Cambridge, v.46, n.2, p.157-180, 2000.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.65, n.2/3, p.151-164, 2000.
- ISRAEL, D.W. Investigations of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. **Plant Physiology**, Rockville, v.84, p.835-840, 1987.
- KEYSER, H. **Inoculating tree legume seed and seedlings with Rhizobia**. Paia: Nitrogen Fixation in Tropical Agricultural Legumes (NIFTAL) Center, 1990. 2p.
- KÖEPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.
- OKOGUN, J.A.; SANGINGA, N. Can introduced and indigenous rhizobial strains compete for nodule formation by promiscuous soybean in the moist savanna agroecological zone of Nigeria? **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.38, p.26-31, 2003.
- PARROTTA, J.A.; KNOWLES, O.H. Restoration of tropical moist forest on bauxite-mined lands in Brazilian Amazon. **Restoration Ecology**, Oxford, v.7, n.2, p.103-116, 1999.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 1999. 549p.
- REQUENA, N.; PEREZ-SOLIS, E.; AZCÓN-AGUILAR, C.; JEFFRIES, P.; BARIÉS, J.M. Management of indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystems. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.67, n.2, p.495-498, 2001.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 3.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo / Fapesp, 2004. p.235-247.
- ROY, R.N.; MISRA, R.V.; MONTANEZ, A. Decreasing reliance on mineral nitrogen: yet more food. **AMBIO**, Stockholm, v.31, n.2, p.177-183, 2002.
- SÃO PAULO (Estado). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE / INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005. 200p.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: Ministério da Educação / ABEAS; Lavras: ESAL / FAEPE, 1988. 236p.
- SMITH, V.H. Effects of nitrogen: phosphorus supply ratios on nitrogen fixation in agricultural and pastoral ecosystems. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v.18, n.1, p.19-35, 1992.
- SPRENT, J.I. Legume trees and shrubs in the tropics: N<sub>2</sub> fixation in perspective. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.27, n.4/5, p.401-407, 1995.
- THRALL, P.H.; MILLSON, D.A.; JEAVONS, A.C.; WAAYERS, M.; HARVEY, G.R.; BAGNALL, D.J.; BROCKWELL, J. Seed inoculation with effective root-nodule bacteria enhances revegetation success. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.42, p.740-751, 2005.
- ZHANG, E.; SMITH, D.L. Interorganismal signaling in suboptimum environments: the legume-rhizobia symbiosis. **Advances in Agronomy**, New York, v.76, p.125-161, 2002.

Recebido em 23/02/2007

Aceito para publicação em 22/09/2008

