

ASSOCIAÇÃO MICORÍZICA EM ESPÉCIES ARBÓREAS, ATIVIDADE MICROBIANA E FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREAS DEGRADADAS DE CERRADO

MYCORRHIZAL ASSOCIATION IN TREE SPECIES, MICROBIAL ACTIVITY AND SOIL FERTILITY ON "CERRADO" DEGRADED AREAS

Márcia Helena Scabora¹ Kátia Luciene Maltoni² Ana Maria Rodrigues Cassiolato³

RESUMO

A recuperação de áreas de obras das barragens, em especial de "áreas de empréstimos", é difícil e consiste em um processo lento, visto que toda a vegetação e a camada fértil do solo foram removidas. Intervenções nessas áreas poderiam acelerar o processo de revegetação. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a associação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em espécies arbóreas, atividade microbiana pela respiração basal e fertilidade em áreas degradadas de cerrado. Utilizou-se solo de duas áreas, solo de pastagem e subsolo exposto. Adubações orgânica e mineral, além da calagem, foram efetuadas nas covas, visando a um melhor crescimento inicial das mudas, assim como, 50 mL de solo de cerrado preservado como inoculante de microrganismos. Mudas de 11 espécies arbóreas foram plantadas ou seja: *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (angico-preto), *Acacia polyphylla* D.C. (monjoleiro), *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão), *Dimorphandra mollis* Benth (faveiro), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (jatobá-de-cerrado), *Dipteryx alata* Vog. (baru), *Machaerium acutifolium* Vogel (jacarandá-do-campo), *Schinus terebinthifolia* Raddi (aroeira-pimenteira), *Magonia pubescens* St. Hil. (tingui), *Lafoensia pacari* St. Hil. (dedaleira) e *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. (ipê-amarelo). Doze meses após a instalação do experimento, amostras de raízes foram coletadas na camada de 0-0,10 m para as avaliações. O subsolo, em relação ao solo de pastagem, continuou pobre em matéria orgânica e com menor atividade microbiana. As maiores porcentagens de colonização micorrízica por FMA foram observados nas espécies *Acacia polyphylla* D.C. (monjoleiro), *Magonia pubescens* St. Hil. (tingui), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (jatobá-de-cerrado) e *Schinus terebinthifolia* Raddi (aroeira-pimenteira). Tais espécies podem ser indicadas para projetos de revegetação em áreas degradadas de cerrado. As plantas das duas áreas exibiam altas porcentagens de colonização micorrízica e o solo ou subsolo baixo número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares.

Palavras-chave: "área de empréstimo"; C-CO₂ liberado; subsolo; revegetação.

ABSTRACT

The recuperation of areas used during the construction of the hydroelectric plant, especially in 'borrowed areas', is a difficult and long process since all vegetation and the fertile layer of soil were removed. Interventions in these degraded areas could accelerate the revegetation process. The objective of this research was to evaluate the association of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in tree species, microbial activity (basal respiration) and fertility of 'cerrado' degraded areas. Soil from two areas, pasture soil and exposed subsoil, were utilized. Organic and mineral fertilization, and liming, were added to the pit for better seedlings' initial growth, where 50 mL of preserved cerrado soil was applied as inoculum of microorganisms. Seedlings of 11 tree species were planted: *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg ('angico-preto'), *Acacia polyphylla* D.C. ('monjoleiro'), *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville ('barbatimão'), *Dimorphandra mollis* Benth ('faveiro'), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne ('jatobá-de-cerrado'), *Dipteryx alata* Vog.

1. Bióloga, MSc, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Av. Brasil 56, Caixa Postal 31, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP). Bolsista CAPES. scaboramh@yahoo.com.br
2. Engenheira Agrimensora, Dr^a, Professora do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Universidade Estadual de São Paulo, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP). maltoni@agr.feis.unesp.br
3. Bióloga, Dr^a, Professora do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Universidade Estadual de São Paulo, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP). anamaria@bio.feis.unesp.br

Recebido para publicação em 18/03/2009 e aceito em 23/06/2010

('baru'), *Machaerium acutifolium* Vogel ('jacarandá-do-campo'), *Schinus terebinthifolia* Raddi ('aroeira-pimenteira'), *Magonia pubescens* St. Hil. ('tingui'), *Lafoensia pacari* St. Hil. ('dedaleira') and *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook ('ipê-amarelo'). Twelve months later, root samples were collected at the depth of 0-0.10 m and used for evaluations. The subsoil, as compared to pasture soil, was poor in organic matter and presented less microbial activity. The highest mycorrhizal colonization was seen in the species *Acacia polyphylla* D.C. (monjoleiro), *Magonia pubescens* St. Hil. (tingui), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (jatobá-de-cerrado) and *Schinus terebinthifolia* Raddi (aroeira-pimenteira). These species could be indicated in revegetation projects in 'cerrado' degraded areas. Plants from both areas showed seedlings form high mycorrhizal colonization and low numbers of spores.

Keywords: 'borrowed area'; evolved C-CO₂; subsoil; revegetation.

INTRODUÇÃO

Ecossistema degradado é aquele que, após certo distúrbio, apresenta baixa resiliência, ou seja, o seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser lento, necessitando da intervenção humana (CRESTANA et al., 2006). A recuperação de áreas degradadas por obras das barragens, em especial as que tiveram retiradas as camadas superficiais de solo ("áreas de empréstimos"), é difícil. Isso consiste em um processo lento para restauração de parte das condições anteriores, visto que toda a vegetação e a camada fértil do solo são removidas (CESP, 1988). Com a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, no rio Paraná, entre os estados de São Paulo e do Mato Grosso do Sul, surgiram áreas que exibem o subsolo exposto, pobre em nutrientes e matéria orgânica, além das propriedades físicas comprometidas e distantes das condições naturais para o bioma Cerrado (RODRIGUES et al., 2007).

Intervenções nessas áreas degradadas, por meio de técnicas de manejo, podem acelerar o processo de regeneração, em comparação à regeneração natural, permitindo a sucessão vegetal (RODRIGUES e GANDOLFI, 2000). A revegetação é uma das maneiras de intervenção que produz um efeito catalítico, o que promove mudanças nas condições microclimáticas, aumentos na complexidade estrutural da vegetação e no desenvolvimento das camadas de serrapilheira e húmus durante os primeiros anos do plantio, fazendo com que aumente a chegada de sementes na área, por atrair agentes dispersores (PARROTA et al., 1997).

Aciclagem de nutrientes por decomposição dos resíduos orgânicos é fundamental, sendo a transformação de compostos orgânicos complexos em substratos mais simples realizada por microrganismos do solo que, por meio de reações de oxidação, obtêm carbono e energia para o seu

crescimento e funções celulares (CAMPBELL et al., 1992). A determinação da respiração basal pela quantificação do carbono de CO₂ (C-CO₂) liberado é um procedimento importante para avaliar a atividade dos microrganismos do solo.

Dentre os microrganismos do solo, alguns formam simbioses radiculares, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), desempenham importante função ecológica nos ecossistemas, sobretudo nos diferentes estádios sucessionais (JANOS, 1996). A mais conhecida contribuição é realizada pelo micélio extra-radicular do fungo e consiste na absorção de nutrientes obtidos de áreas localizadas além da zona de depleção da raiz, em especial o fósforo, e a translocação e disponibilização desses nutrientes para células do córtex de raízes de plantas micotróficas (SOUZA et al., 2006). No solo, favorecem a formação e estabilidade de agregados, não somente pela ação física do micélio fúngico, mas também por meio da ação de uma glicoproteína, a glomalina (RILLING e MUMMEY, 2006).

Na busca de soluções para a recuperação de áreas consideradas inadequadas para a agricultura tradicional, por serem fortemente impactadas, a escolha das espécies de leguminosas arbóreas requer um estudo das exigências nutricionais e da capacidade de crescimento em solos compactados (MARTINS et al., 2006). Dentre as vantagens de utilizar espécies nativas está a contribuição para a conservação da biodiversidade regional, que protege ou expande as fontes naturais de diversidade genética da flora e da fauna a ela associada. As espécies florestais nativas apresentam, ainda, importantes vantagens técnicas e econômicas, em virtude da proximidade da fonte de propágulos, o que facilita a aclimação e perpetuação das espécies (OLIVEIRA-FILHO, 1994). Diversas espécies nativas são promissoras para a revegetação de áreas onde a vegetação foi retirada, desde que suas exigências nutricionais

sejam supridas.

Como as espécies arbóreas encontradas em uma área natural têm ritmos de crescimento e necessidades ecológicas diferentes nos diversos estágios de desenvolvimento, o conhecimento da ecologia das espécies é muito importante na tarefa de instalação de florestas mistas. Assim, a revegetação deve ser mista, composta por espécies arbóreas de diferentes estágios de sucessão, assemelhando-se à floresta natural, que é composta de um mosaico de estágios sucessionais (JESUS, 1994). O *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speng (angico-preto), o *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão), o *Dimorphandra mollis* Benth (faveiro), entre outras, são plantas heliófitas e pioneiras, características de cerrado e campo-cerrado (LORENZI, 1992). As melhorias proporcionadas pelos FMA a essas espécies arbóreas micotróficas, nas fases iniciais da sucessão, podem possibilitar o estabelecimento e o crescimento de plântulas das fases mais tardias da sucessão (ZANGARO FILHO et al., 2000). Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a associação por FMA em espécies arbóreas, a atividade microbiana pela respiração basal e a fertilidade do solo de áreas degradadas de cerrado.

MATERIAL E MÉTODO

Um experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, MS. Originalmente o solo foi classificado por Demattê (1980), como Latossolo Vermelho-Escuro álico,

de textura argilosa e bem-intemperizado, e a área apresentava como cobertura vegetal o Cerrado *sensu stricto*. No final da década de 60, com a construção da usina hidrelétrica, o local foi desmatado e parte da área teve o solo retirado a uma profundidade de aproximadamente 8 a 12 metros de corte. Foram escolhidas três áreas para o trabalho, uma com o subsolo exposto (sem cobertura vegetal há mais de 20 anos) e outra com solo original coberto com pastagem (*Urochloa decumbens* (Stapf.), a qual foi formada há cerca de 20 anos por crescimento espontâneo sobre solo gradeado, adubado quimicamente e corrigido com calcário. Nunca recebeu outro tipo de manejo e há cerca de 10 anos não existem animais na área. O solo de uma terceira área, sob cerrado preservado, foi empregado como fonte de inóculo microbiano. O delineamento experimental foi o fatorial 2 x 11, com blocos ao acaso, ou seja, duas áreas (solo de pastagem e subsolo exposto) e 11 espécies arbóreas, com quatro repetições. Cada repetição foi constituída de cinco plantas.

Antes da instalação do experimento, em fevereiro de 2004, as características químicas e o número de esporos de FMA foram analisados para prévia caracterização das áreas. A coleta do solo e subsolo foi realizada na camada de 0-0,10 m, sendo cada amostra composta de dez amostras simples de solo ou subsolo, por parcela. Estas foram secas à sombra, peneiradas (malha de 2 mm), homogeneizadas e divididas em duas partes. Uma parte foi enviada para a análise das características químicas do solo no laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP, Campus de Ilha Solteira, de acordo com metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983). Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1: Características químicas do subsolo exposto, do solo de pastagem e do solo do Cerrado preservado antes da instalação do experimento.

TABLE 1: Chemical characteristics of exposed subsoil, pasture and preserved 'Cerrado' soil, before the experiment.

Áreas	pH	MO	P	K ²⁺	Ca ²⁺	Mg	H+Al	Al ³⁺	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----						%
Subsolo	4,2	7	1	0,3	1	1	31	9	32,9	6
Pastagem	4,9	25	6	1,9	13	13	25	1	52,5	52
Cerrado	4,0	28	4	0,7	1	3	47	10	51,3	8

Em que: MO = matéria orgânica; CTC = capacidade de troca catiônica e V = saturação por bases.

A outra parte foi utilizada para a determinação do número de esporos de FMA, sendo 100 g de amostra do solo ou subsolo processada segundo a associação dos métodos de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN e NICOLSON, 1963) e de centrifugação e flutuação em sacarose 50% (JENKINS, 1964). Os esporos presentes no sobrenadante foram lavados com água corrente, para retirar o excesso de sacarose, antes de serem quantificados em placas com anéis concêntricos, sob microscópio estereoscópio (40x). Na caracterização inicial das áreas foram encontrados 1.200, 12 e 160 esporos de FMA, respectivamente, para o solo de cerrado preservado, o subsolo exposto e o solo de pastagem.

As espécies arbóreas utilizadas (Tabela 2) foram selecionadas dentre as nativas de cerrado, de ocorrência regional, sendo as sementes compradas ou coletadas nas áreas próximas às estudadas. As sementes foram germinadas em laboratório, em bandejas plásticas contendo papel de filtro e água esterilizada, em condições ambiente. As melhores plântulas foram transferidas para sacos plásticos com capacidade para 1 kg de substrato, ou seja, solo de pastagem ou subsolo exposto e areia, na proporção de 3:1, mantidas por aproximadamente 45 dias em casa-de-vegetação, sendo regadas diariamente até o transplante. De acordo com os resultados da caracterização química (Tabela 1), o substrato recebeu calagem (0,2 g de calcário dolomítico PRNT 82) e adubação química (1,2 g de sulfato de amônio; 0,7 g de superfosfato simples e 0,07 g de KCl), por saco plástico, visando a um melhor crescimento inicial das mudas.

Para a instalação do experimento, a área foi escarificada a 0,40 m de profundidade e gradeada. As covas (0,30 m de diâmetro x 0,90 m de profundidade) foram abertas com emprego de brocas, no espaçamento 1 x 2 m, para possibilitar uma cobertura mais rápida das áreas. Nas covas foram devolvidos parte do solo de pastagem ou subsolo exposto (equivalente a 0,45 m de profundidade) e o material restante foi misturado a 1,5 L de composto (preparado com sobras do corte da grama e folhas de árvores, não triturados, e esterco de curral cimentado, na proporção de 5:1, respectivamente) e adubo químico (12 g – sulfato de amônio, 7 g – superfosfato simples e 0,7 g – KCl) e 2 g de calcário dolomítico, visando a um melhor crescimento inicial das mudas. Por se tratar de área degradada, foram depositados a 0,10 m de profundidade e ao lado de cada planta, 50 g de solo-inóculo, contendo cerca de 300 esporos da comunidade autóctones de FMA, não identificados, provenientes de uma área de cerrado preservado.

Para possibilitar a retenção de água, foi feito o coroamento, com raio de 0,60 m, antes do transplante das mudas. Aos doze meses após a instalação do experimento e mantendo as plantas intactas, amostras do solo de pastagem e do subsolo exposto, cultivados com as espécies arbóreas, coletados na camada de 0 – 0,10 m, foram empregadas para as avaliações. Cada amostra foi composta de cinco amostras simples (ou seja, retiradas de cinco covas, próximo às raízes de cinco plantas de uma mesma espécie vegetal), por solo ou subsolo, por espécie vegetal, por repetição, pesando aproximadamente 1.000 g. Estas foram

TABELA 2: Família, nome popular e científico das espécies arbóreas utilizadas.

TABLE 2: Family, common and scientific name of the used tree species.

Família	Nome popular	Nome científico
Fabaceae – Mimosoideae	Angico-preto	<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg
	Monjoleiro	<i>Acacia polyphylla</i> D.C.
	Barbatimão	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville
Fabaceae – Caesalpinoideae	Faveiro	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth
	Jatobá-do-cerrado	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne
Fabaceae – Faboideae	Baru	<i>Dipteryx alata</i> Vog.
	Jacarandá-do-campo	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel
Anacardiaceae	Aroeira-pimenteira	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi
Sapindaceae	Tingui	<i>Magonia pubescens</i> St. Hil.
Lythraceae	Dedaleira	<i>Lafoensia pacari</i> St. Hil.
Bignoniaceae	Ipê-amarelo	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook

peneiradas (2 mm) e homogêneas. As raízes encontradas foram separadas, lavadas em água corrente e preservadas em álcool 50% (SILVEIRA e CARDOSO, 2004) para posterior avaliação da colonização micorrízica.

Parte do substrato amostrado foi empregada para análise das características químicas e para a contagem do número de esporos de FMA, como anteriormente descritos. Outra parte foi empregada para a quantificação do C-CO₂ liberado (respiração basal) seguindo metodologia de Anderson e Domsch (1982). Amostras peneiradas de 100 g, das duas áreas estudadas, foram colocadas em jarros de vidro com tampa de rosca, no centro do qual foi depositado um frasco contendo 10 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹. O controle foi feito com jarros de vidro, sem solo, contendo frascos com NaOH. Os jarros foram fechados hermeticamente e mantidos em câmara climatizada a 27°C. O tempo de incubação foi determinado por meio de uma curva resultante de um monitoramento diário. A titulação do NaOH, ao qual foi acrescido 1 mL de solução saturada de BaCl₂, foi realizada empregando HCl 0,1 mol L⁻¹.

Para a quantificação da colonização micorrízica, as raízes preservadas em álcool 50% foram lavadas em água corrente, clarificadas em solução de KOH 10%, acidificadas com HCl 1%, coradas com azul de tripano 0,05 % e preservadas em lactoglicérol (BRUNETT et al., 1996). Por amostra, cerca de um grama de segmentos de raízes finas, com aproximadamente um centímetro de comprimento, foi distribuído sobre placa de Petri quadriculada (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980). O material foi avaliado, sob microscópio estereoscópico, para a colonização micorrízica, totalizando 100 segmentos de raiz por repetição, por espécie vegetal.

Os dados foram analisados estatisticamente por comparação de médias entre os tratamentos e análises conjuntas que englobaram as individuais, com desdobramento nas interações significativas, sendo o teste de Tukey, a 5% de significância, empregado após a análise de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na escolha das espécies destinadas a um plantio, sobretudo em áreas degradadas, é importante conhecer as exigências de cada uma, pois trabalhar com espécies vegetais da região nem sempre é garantia de que estas suportarão as novas condições edáficas (JESUS, 1994). Os resultados da

caracterização química de solo de pastagem e subsolo exposto exibem diferenças significativas entre elas, mas não entre espécies arbóreas (Tabela 3). Após um ano de implantação do experimento, o subsolo exposto, em relação ao solo da pastagem, submetido à mesma adubação mineral e orgânica, continuou apresentando caráter ácido e pobre em nutrientes. Constatou-se um aumento sensível nos valores de pH, P, K, Ca²⁺, Mg²⁺, CTC e V%, e diminuição nos de H + Al, quando comparados aos valores observados antes da instalação do experimento (Tabela 1). Isso ocorreu possivelmente em virtude das práticas de adubação e calagem. A pequena redução nos valores de matéria orgânica para o subsolo pode ter sido decorrente da decomposição decorrente da atividade microbiana ao longo do experimento, considerando as condições das áreas estudadas. De forma similar, Mercante et al. (2005) verificou uma redução nos teores de matéria orgânica com multiplicação dos microrganismos decorrente de um manejo do solo (passagem de grade niveladora).

Interações significativas entre espécies e áreas foram verificadas apenas para Ca²⁺, Mg²⁺, soma de bases, CTC e V% (Tabela 4). Os solos cultivados com *Schinus terebinthifolia* Raddi (aroeira-pimenteira), *Magonia pubescens* St. Hil. (tingui), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (jatobá-de-cerrado), *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão) e *Dipteryx alata* Vog. (baru) mostraram os valores mais elevados de Ca²⁺ na pastagem, quando comparados ao subsolo, enquanto que para Mg²⁺, somente os cultivados com *Acacia polyphylla* D.C. (monjoleiro) e *Lafoensia pacari* St. Hil. (dedaleira), dentre as onze espécies estudadas, exibiram comportamento semelhante entre solo de pastagem e subsolo exposto. Para a soma de bases, solos sob *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook (ipê-amarelo), *Schinus terebinthifolia* Raddi (aroeira-pimenteira), *Magonia pubescens* St. Hil. (tingui), *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão) e *Dipteryx alata* Vog. (baru) apresentaram os maiores valores em solos sob pastagem.

Todas as variáveis químicas, exceto para pH, exibiram os maiores valores no solo de pastagem, quando comparada ao subsolo exposto, o que confere acidez média. Esses resultados são corroborados por Silva et al. (2008) que relataram aumento no valor do pH e redução na concentração de Al³⁺ nas camadas superficiais do solo, o que foi atribuído à aplicação de corretivos da acidez. As características químicas do solo estão relacionadas

com a natureza dos minerais e a disponibilidade de nutrientes do solo, assim como com a assimilação desses nutrientes pelas plantas (ALCARDE et al., 1998). No presente trabalho, a elevação no pH e a redução na acidez potencial do solo da área em estudo, por meio do tratamento de cova, melhoraram as características químicas de solo tanto para as espécies arbóreas como para os fungos micorrízicos.

O solo cultivado com *Magonia pubescens* St. Hil. (tingui) mostrou diferenças somente para saturação por bases entre as áreas, com os maiores valores no solo de pastagem (Tabela 4). Para culturas de revegetação, a recomendação de saturação por bases deve ser de 50% (RAIJ et al., 1997), corroborando com os resultados obtidos neste trabalho, o qual apresentou valores superiores a 50%.

A variável matéria orgânica exibiu diferenças apenas entre áreas, com os valores maiores encontrados no solo de pastagem (Tabela 3). Após 12 meses de experimento, os valores de matéria orgânica decresceram para o subsolo,

mesmo com a adição de composto orgânico. Observações como estas foram relatadas por Silva et al. (2008), os quais esperavam incrementos nos teores com a adição de resíduos orgânicos, o que não ocorreu de modo satisfatório, possivelmente por causa dos resíduos terem sido aplicados em pequenas quantidades ou por apresentarem efeitos efêmeros, isto é, pela decomposição ao longo do experimento.

A atividade microbiana mostrou diferenças significativas entre áreas (Tabela 5). A pastagem exibiu valores superiores aos do subsolo para C-CO₂ liberado, revelando mais elevada atividade microbiana, a qual pode ter sido decorrência dos teores mais elevados de matéria orgânica, resultado da aplicação de resíduos orgânicos.

Enquanto os microrganismos e a matéria orgânica estabilizam a estrutura do solo, esta estrutura protege fisicamente os microrganismos, formando um complexo entre agregação, microbiota e matéria orgânica (BRONICK e LAL, 2005). Mesmo representando uma pequena fração do total

TABELA 3: Características químicas do solo sob pastagem e do subsolo exposto após 12 meses de cultivo com espécies arbóreas do Cerrado, probabilidades de F e coeficientes de variação (CV).

TABLE 3: Chemical characteristics of pasture soil and exposed subsoil after twelve months of cultivation with 'Cerrado' tree species, F test and variation coefficients (CV).

Tratamentos	pH	MO	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³			mmol _c dm ⁻³				%
Áreas										
Subsolo	6,02 a	2,13 b	21,29 b	1,09 b	16,65 b	6,79 b	13,25 b	24,67 b	37,92 b	62,38 b
Pastagem	5,50 b	27,40 a	34,06 a	1,32 a	30,70 a	18,45 a	22,15 a	50,53 a	72,68 a	68,81 a
Espécies										
Ipê-amarelo	5,72	14,75	21,62	1,18	22,00	11,75	17,87	34,93	52,81	64,87
Angico	5,68	14,37	26,12	1,20	26,62	11,75	17,87	39,22	57,10	64,50
Faveiro	5,91	14,75	26,87	1,11	25,12	13,62	17,00	39,98	56,98	68,75
Monjoleiro	5,85	13,62	35,87	1,15	25,00	14,00	17,12	39,87	57,00	69,25
Aroeira	5,67	16,50	32,12	1,32	26,12	12,62	18,00	40,28	58,28	65,62
Tingui	5,68	15,50	21,62	1,13	25,12	16,25	18,12	42,76	60,88	63,12
Jacarandá	5,80	14,37	28,87	1,25	23,12	10,75	17,62	35,37	53,00	65,50
Jatobá	5,73	14,37	29,50	1,21	20,87	11,00	17,75	33,26	50,91	63,00
Barbatimão	5,76	14,00	28,25	1,35	22,12	11,75	17,50	35,27	52,77	65,00
Baru	5,83	14,00	28,12	1,15	23,87	13,25	17,37	38,22	55,60	67,00
Dedaleira	5,76	16,25	25,50	1,22	20,50	12,62	18,50	34,45	52,95	65,00
Probabilidades de F										
Áreas (A)	155,27**	3915,52**	42,80**	27,35**	132,80**	263,86**	781,72**	186,40**	413,56**	16,49**
Espécies (E)	1,19 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,84 ^{ns}	0,70 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,59 ^{ns}
A x E	0,96 ^{ns}	0,74 ^{ns}	1,50 ^{ns}	1,14 ^{ns}	2,47*	3,41*	1,53 ^{ns}	2,71*	2,06*	2,01*
CV (%)	3,42	15,40	32,07	17,31	27,59	26,66	8,44	23,97	15,24	11,32

Em que: Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem pelo teste de Tukey. ** = significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade. ^{ns} = não significativo. (MO = matéria orgânica; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica e V = saturação por bases).

TABELA 4: Valores médios para Mg^{2+} , soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%) nas áreas de solo sob pastagem (past) e subsolo exposto (subs) após 12 meses de cultivo com espécies arbóreas do Cerrado.

TABLE 4: Means values of Mg^{2+} , total bases (SB), cation exchange capacity (CTC) and base saturation (V%) among pasture (past) soil and exposed subsoil (subs) after twelve months of cultivation with 'Cerrado' tree species.

Espécies	Ca ²⁺		Mg ²⁺		SB		CTC		V	
	Subs.	Past.	Subs.	Past.	Subs.	Past.	Subs.	Past.	Subs.	Past.
Ipê-amar.	14,75aA	29,25aA	5,50aB	18,00aA	21,02aB	48,85aA	34,02aB	71,60aA	61,50aA	68,25aA
Angico	12,00aA	25,75aA	6,50aB	16,00abA	21,65aA	43,42aA	48,52aB	65,67aA	63,25aA	65,75aA
Faveiro	20,25aA	30,00aA	9,00aB	18,25abA	30,67aA	49,30aA	43,17aB	70,80aA	68,50aA	69,00aA
Monj.	23,75aA	29,25aA	10,50aA	17,50bA	36,72aA	47,60aA	44,15aB	69,85aA	70,25aA	68,25aA
Aroeira	15,25aB	38,25aA	5,75aB	19,50bA	21,20aB	59,37aA	34,95aB	81,62aA	59,00aA	72,25aA
Tingui	9,75aB	40,50aA	4,50aB	28,00bA	15,70aB	69,82aA	30,45aB	91,32aA	51,50aB	74,75aA
Jacarandá	14,25aA	26,75aA	5,25aB	16,25bA	28,10aA	44,65aA	39,10aB	66,90aA	64,25aA	66,75aA
Jatobá	13,00aB	28,75aA	5,50aB	16,50bA	19,67aB	46,85aA	33,42aB	68,40aA	58,25aA	67,75aA
Barb.	13,50aB	30,75aA	6,75aB	16,75bA	21,82aB	48,72aA	35,57aB	69,97aA	61,00aA	69,00aA
Baru	14,25aB	33,50aA	7,00aB	19,50bA	22,40aB	54,00aA	35,40aB	75,80aA	62,75aA	71,25aA
Dedaleira	16,00aA	25,00aA	8,50aA	16,75bA	25,62aA	43,27aA	38,37aB	67,52aA	66,00aA	64,00aA

Em que: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica e V = saturação por bases).

de matéria orgânica do solo, os microrganismos são responsáveis pelo processo de mineralização, liberando uma quantidade considerável de nutrientes (N, P, S, Zn e Cu) potencialmente disponíveis para as plantas (JENKINSOM, 1988). Em solo de campo de cerrado e de mata, Melloni et al. (2001) constataram, tanto pela respiração basal quanto pela induzida, que a segunda apresentava maior liberação de C-CO₂ por unidade de tempo, indicando que a comunidade microbiana nesse ecossistema estava mais ativa, mesmo quando os solos de ambas as áreas apresentando baixos valores de carbono orgânico total e de pH. De forma semelhante, no presente trabalho, as altas taxas respiratórias do solo de pastagem podem ter ocorrido em virtude da adição de resíduos orgânicos nesse sistema, decorrente da presença da gramínea, quando comparado ao do subsolo exposto.

A escolha de espécies arbóreas nativas com abundante crescimento, com altas taxas de absorção de nutrientes e imobilização na biomassa, para posterior transferência para os outros componentes do ecossistema, são as mais indicadas para reestruturação inicial da área e reabilitação de áreas degradadas (MONTAGNINI e SANCHO, 1994). Conhecer a condição micorrízica das espécies arbóreas também é muito importante, pois servirão de suporte às tecnologias que garantem o sucesso da

produção de mudas e da revegetação (SIQUEIRA e SAGIN-JÚNIOR, 2001). Esse cuidado deve ser ainda maior nos projetos em áreas fortemente impactadas, como o subsolo exposto em questão.

No presente trabalho, para colonização radicular, diferenças significativas foram encontradas entre espécies e entre áreas, enquanto que para número de esporos de FMA, as diferenças foram observadas entre espécies e para as interações entre áreas e espécies (Tabelas 5 e 6). Após um ano da instalação do experimento, a colonização micorrízica pode ser considerada alta. O *Acacia polyphylla* D.C. (monjoleiro) foi a espécie que proporcionou as mais elevadas porcentagens, seguido de *Magonia pubescens* St. Hil. (tingui) e *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (angico-preto), enquanto as menores foram encontradas para *Dipteryx alata* Vog. (baru), seguido da *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. (ipê-amarelo).

A rápida taxa de crescimento e a grande demanda por minerais, comum entre as espécies arbóreas pioneiras e secundárias iniciais, podem levar tais espécies a apresentar deficiência de P na parte aérea, o que aumenta a exsudação da raiz e a colonização pelos FMA (ZANGARO FILHO et al., 2000). Assim como verificado no presente trabalho, é possível encontrar relatos de elevadas porcentagens de colonização micorrízica nessas

TABELA 5: Probabilidade de F e coeficientes de variação (CV) de carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado, colonização radicular e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares, entre as áreas de solo sob pastagem e subsolo exposto após 12 meses de cultivo com espécies arbóreas do Cerrado.

TABLE 5: F test and variation coefficients (CV) of CO₂ carbon (C-CO₂) evaluation, root colonization and number of spores of arbuscular mycorrhizal fungus, among pasture soil and exposed subsoil after twelve months of cultivation with 'Cerrado' tree species.

Tratamentos	C-CO ₂ liberado (mg CO ₂ g solo seco dia ⁻¹)	Colonização micorrízica (%)	Número de esporos (100 g de solo seco)
Áreas			
Subsolo	5,06 b	65,52 a	3,02 a
Pastagem	12,65 a	61,93 a	2,70 b
Espécies			
Monjoleiro	8,92	94,62 a	2,95bc
Tingui	8,41	79,37 ab	2,51d
Jatobá	8,56	76,25 b	2,91bc
Aroeira	9,56	75,37 b	2,84bcd
Angico	8,56	68,87 bc	2,65cd
Barbatimão	8,23	65,12 bcd	2,91bc
Dedaleira	9,46	56,87 cd	3,58a
Faveiro	9,42	55,62 cde	2,71cd
Jacarandá	8,40	50,50 efg	2,64cd
Ipê-amarelo	9,07	39,62 ef	3,11b
Baru	8,86	38,75 f	2,65cd
Probabilidades de F			
Áreas	1139,75**	2,91 ^{ns}	22,07**
Espécies	1,40 ^{ns}	24,71**	6,60**
Áreas x Espécies	1,48 ^{ns}	3,60*	1,44 ^{ns}
CV (%)	11,93	15,49	7,55

Em que: Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem pelo teste de Tukey. ** = significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} = não significativo.

TABELA 6: Valores médios de colonização radicular e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares entre as áreas de solo sob pastagem e subsolo exposto após 12 meses de cultivo com espécies arbóreas do Cerrado.

TABLE 6: Mean values of root colonization and number of spores of arbuscular mycorrhiza fungus among pasture soil and exposed subsoil after twelve months of cultivation with 'Cerrado' tree species.

Espécies	Colonização micorrízica (%)		Número de esporos (100 g de solo seco)	
	Subsolo	Pastagem	Subsolo	Pastagem
Monjoleiro	97,25 aA	92,00 aA	3,04 bcA	2,86 abA
Tingui	82,00 abA	76,75 abcA	2,67 cA	2,35 cA
Angico	79,00 abA	58,75 bcdA	2,72 cA	2,58 bcA
Barbatimão	74,25 abcA	56,00 cdA	3,34 abA	2,47 cB
Aroeira	73,75 abcA	77,00 abcA	3,09 bcdA	2,58 bcA
Jatobá	69,75 bcA	82,75 abA	3,01 bcA	2,81 bcA
Dedaleira	63,75 bcA	50,00 cdA	3,76 aA	3,40 aA
Jacarandá	60,25 bcdA	40,75 dA	2,63 cA	2,65 bcA
Faveiro	52,75 cdeA	58,50 bcdA	2,85 bcA	2,57 bcA
Ipê-amarelo	38,00 deA	41,25 dA	3,32 abA	2,90 abA
Baru	30,00 eA	47,50 dA	2,75 cA	2,54 bcA

Em que: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

espécies crescendo em solo de cerrado. Pereira e Oliveira (2005) observaram que *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão) apresentou valores de colonização que variaram entre 60,60 a 86,36% nos diferentes manejos de solo de cerrado mineiro, enquanto que para o *Dimorphandra mollis* Benth (faveiro), os valores variaram entre 57,57 e 68,18%. Economicamente importantes, o *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg (angico-preto) e o *Stryphnodendron polyphyllum* Mart. (barbatimão) são leguminosas arbóreas (LORENZI, 1992) e micorrízica (THOMAZINI, 1974; CALGARO et al., 2008), adaptada às condições edáficas do cerrado, em geral álicas. Em condições de casa de vegetação, Gross et al. (2004) relataram, para *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg (angico-preto), colonização radicular de 78%, por FMA presentes no solo de cerrado não autoclavado, resultados pouco superiores aos verificados no presente trabalhos.

Os efeitos benéficos da associação micorrízica dependem de fatores que atuam direta ou indiretamente sobre os componentes da associação, como o fungo micorrízico, a planta hospedeira e o solo (SOUZA et al., 2006). Em áreas perturbadas geralmente ocorre uma diminuição ou eliminação das espécies de FMA mais adaptadas aos hospedeiros e ambientes, com seleção daquelas que melhor se adaptam ao novo ambiente, refletindo a existência de hospedeiros de maior compatibilidade (ZANGARO FILHO et al., 2000).

Estudando a colonização de FMA em espécies arbóreas pioneiras, secundárias iniciais e clímaces, na bacia do rio Tibagi (PR), Zangaro Filho et al. (2002) verificaram variações de alta a muito alta colonização para espécies pioneiras, médias para as espécies secundárias e de baixa a muito baixa para algumas espécies clímaces. Em condições de casa-de-vegetação, a porcentagem de colonização micorrízica para *Croton floribundus* Spreng. (capixingui) e *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl. (ipê-amarelo) foi média (entre 40-59%), para *Eugenia uniflora* L. (pitangueira) e *Psidium guajava* L. (goiabeira) foi baixa (entre 20-39%) e para *Pterogyne nitens* Tul. (amendoim-bravo) foi muito baixa (entre 1-19%). Os valores mostrados por *Croton floribundus* (capixingui), *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) (ipê-amarelo) e *Pterogyne nitens* Tul. (amendoim-bravo) foram inferiores aos verificados no presente trabalho (Tabela 6).

A contribuição dos FMA para o crescimento

das plantas nativas, contudo, varia entre as espécies e os grupos sucessionais, como discutido por Francis e Read (1994), com base num modelo de sucessão ecológica concebido para estudar a recomposição vegetal de áreas degradadas. Dentre os grupos sucessionais, as pioneiras e as secundárias são as mais beneficiadas pelos FMA. Segundo esses autores, a abundância de inóculo micorrízico, a disponibilidade de nutrientes e a estabilidade da área seriam controladores dessa dinâmica.

Em áreas degradadas ou fortemente impactadas, como o subsolo exposto em questão, a falta de raízes de plantas hospedeiras causa a redução da densidade de propágulos de FMA, tornando necessária a introdução desses fungos ou a adoção de práticas que aumentam a densidade deles (JASPER et al., 1992). No presente trabalho, a *Lafoensia pacari* St. Hil. (dedaleira) proporcionou a maior esporulação (3,58 esporos 100 g solo seco⁻¹), seguida do *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. (ipê-amarelo) (3,11 esporos 100 g solo seco⁻¹), enquanto o *Magonia pubescens* St. Hil. (tingui) (2,51 esporos 100 g solo seco⁻¹) exibiu os menores valores (Tabela 6).

Na sucessão vegetal, a inoculação de FMA pode favorecer o estabelecimento de espécies de plantas próprias de etapas sucessionais intermediárias e avançadas, acelerando a recuperação para uma cobertura vegetal clímax (GUERRERO et al., 1996). A remoção da vegetação e a perda do horizonte superficial orgânico do solo promovem a perda total ou parcial dos propágulos desses fungos, bem como a redução na sua capacidade infectiva (SOUZA e SILVA, 1996).

No presente trabalho, por mais baixa que tenha sido a contagem após um ano da implantação do experimento, no subsolo exposto, houve um aumento de esporulação em relação ao solo da pastagem. A quantidade de esporos no solo reflete o valor real da infecção e pode dar indicação do nível populacional dos FMA (DODD et al., 1983). Em áreas degradadas, os esporos de FMA podem ser a fonte mais importante de propágulos, em razão da sua resistência aos estresses mais severos (BRUNETT, 1991). Após 12 anos de revegetação de áreas de mineração, Caproni et al. (2003) relataram que a quantidade de esporos foi significativamente menor em áreas não revegetadas ou subsolo. Fato diferente ao constatado no presente trabalho, em que a presença das espécies arbóreas no subsolo exposto (pobre em nutrientes e matéria orgânica), proporcionou um discreto aumento no

número de esporos, quando comparado ao da área com solo de pastagem (Tabelas 5 e 6).

A ocorrência de espécies e a quantidade do inóculo de FMA do solo dependem das espécies de plantas, das características do solo e do tempo de amostragem, assim como da sua influência no estabelecimento, no crescimento e na competição entre as espécies de plantas, o que tem importantes implicações para a restauração de áreas degradadas (ASBJORSEN e MONTAGNINI, 1994). Desconsiderando a interferência da época de coleta, as espécies arbóreas também exibem diferente adaptação ambiental, o que pode ajudar a explicar o fato de, no presente trabalho, o *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão) ter proporcionado maior esporulação, com os maiores valores no solo de pastagem, mesmo tendo esta uma condição de solo melhor que o subsolo exposto.

Dentre esses fatores ambientais, a umidade do solo tem mostrado interferir na simbiose, uma vez que os esporos são estruturas de resistência, sua existência no sistema costuma ser reduzida no período de chuvas, quando outras estruturas como hifas são mais abundantes (CAPRONI et al., 2003). A umidade favorece a germinação dos esporos, resultando em alta colonização e baixa produção de esporos. (GUADARRAMA e ALVAREZ-SÁNCHEZ, 1999). Caproni et al. (2005), em área degradada revegetada com *Acacia mangium* Willd. (angico), verificaram que os números de esporos não diferiram significativamente entre as épocas de coleta em período chuvoso e seco, e que a maioria das espécies de FMA estudadas não apresenta o mesmo padrão de esporulação nos períodos seco e chuvoso. Por outro lado, Coelho et al. (1997) relataram que a esporulação das espécies de FMA em solo sob plantio de *Eucalyptus* sp. apresentou a densidade de esporos mais alta no período chuvoso. No presente trabalho, entretanto, como as áreas foram regadas duas vezes por semana, sempre que necessário, durante 12 meses, a coleta de solo ocorreu em janeiro, em período chuvoso, a umidade poderia ajudar a explicar a manutenção do baixo número de esporos e a alta colonização micorrízica.

Conhecer a condição micorrízica das espécies arbóreas é muito importante, pois serve de suporte para a produção de mudas e tecnologias para garantir o sucesso do reflorestamento. A inoculação com fungos eficientes em espécies dependentes de micorriza poderá reduzir o uso de insumos, gerando uma economia de recursos e tempo na recuperação

florística de áreas desmatadas ou destinadas à formação de matas (SAGGIN-JÚNIOR, 1997). Dentre as espécies estudadas, SCABORA et al. (2010) relatou que *Psidium guava* L. (goiabeira) apresentou alta colonização e foi altamente responsiva à micorrização, sugerindo potencial para projetos de revegetação no cerrado brasileiro.

Na reabilitação ambiental, onde predominam solos de baixa fertilidade, as micorrizas são essenciais na revegetação. O conhecimento da condição micorrízica das espécies é importante, pois serve de suporte para a produção de mudas e para as tecnologias que garantam o sucesso de revegetações. A inoculação de espécies dependentes com FMA eficientes poderá reduzir o uso de insumos, gerando uma economia de recursos e tempo na recuperação florística de áreas desmatadas ou destinadas à formação de matas (SAGGIN-JÚNIOR, 1997).

CONCLUSÕES

O subsolo e o solo da pastagem não apresentam melhora nas suas características químicas e continuam pobres em matéria orgânica, 12 meses após a intalação das espécies vegetais: *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg (angico-preto), *Acacia polyphylla* D.C. (monjoleiro), *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão), *Dimorphandra mollis* Benth (faveiro), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (jatobá-de-cerrado), *Dipteryx alata*. (baru), *Machaerium acutifolium* Vogel (jacarandá-do-campo), *Schinus terebinthifolia* Raddi (aroeira-pimenteira), *Magonia pubescens* St. Hil. (tingui), *Lafoensia pacari* St. Hil. (dedaleira) e *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook (ipê-amarelo);

O solo sob pastagem apresenta maior atividade microbiana em relação ao solo exposto;

As duas áreas (subsolo e solo da pastagem) apresentam altas porcentagens de colonização micorrízica, porém *Acacia polyphylla* D.C. (monjoleiro), *Magonia pubescens* St. Hil. (tingui), *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne (jatobá-de-cerrado) e *Schinus terebinthifolia* Raddi (aroeira-pimenteira) apresentaram a maior colonização, podendo ser indicadas para projetos de revegetação em áreas de cerrado degradadas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALCARDE, J. C. et al. **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo: ANDA, 1998. 35 p.

- (Boletim Técnico, 3)
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 21, n. 4, p. 471-479, 1982.
- ASBJORNSEN, H.; MONTAGNINI, F. Vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculum potential affects the growth of *Stryphnodendron microstachyum* seedlings in a Costa Rican human tropical lowland. **Mycorrhiza**, New York, v. 5, n. 1, p. 45-51, 1994.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, Dodrecht, v. 124, n. 1/2, p. 3-22, 2005.
- BRUNETT, M. Mycorrhiza in natural ecosystems. **Advances on Ecological Research**, London, v. 21, n. 2, p. 171-313, 1991.
- BRUNETT, M. et al. **Working with mycorrhizas in forestry and agriculture**. Canberra: ACIAR, 1996. p. 417-427.
- CALGARO, H. F. et al. Adubação química e orgânica na recuperação fertilidade de subsolo degradação e na micorrização do *Stryphnodendron polyphyllum*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1337-1347, mai./jun.2008.
- CAMPBELL, C. A. et al. Effect of crop rotations on microbial biomass, specific respiratory activity and mineralizable nitrogen in a Black Chernozemic soil. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 72, n. 4, p. 417-427, nov., 1992.
- CAPRONI, A. L. et al. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1409-1418, dez. 2003.
- CAPRONI, A. L. et al. Fungos micorrízicos arbusculares em estéril revegetado com *Acacia mangium*, após mineração de bauxita. **Revista Árvore**, Viçosa, n. 29, n. 3, p. 373-381, maio/jun. 2005.
- CESP. **Ilha Solteira: a cidade e a usina**. São Paulo:CESP, 1988. 93 p.
- COELHO, F. C. et al. Caracterização e incidência de fungos micorrízicos em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, nos municípios de Botucatu, São José dos Campos e São Miguel Arcanjo, São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 563-573, 1997.
- CRESTANA, M. S. M. et al. Espécies arbóreas nativas do estado de São Paulo recomendadas para reflorestamentos. In: _____. **Florestas: sistemas de recuperação com essências nativas, produção de mudas e legislação**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2006. p. 49-84.
- DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do “Campus experimental de Ilha Solteira”**. Piracicaba: Escola Superior Agrícola Luiz de Queiros, 1980. 119 p.
- DODD, J. et al. Relative effectiveness of indigenous populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from four sites in Negev. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v. 32, p. 10-21, 1983.
- FRANCIS, R.; READ, D. J. The contributions of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF MYCORRHIZAS IN AGRICULTURE, HORTICULTURE AND FORESTRY. **Plant and Soil**, v. 159, p. 1, 1994.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction British of the Mycological Society**, Cambridge, v. 46, n. 2, p. 234-244, jun. 1963.
- GIOVANNETTI, J. W.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **The New Phytologist**, Cambridge, v. 84, n. 3, p. 489-500, mar. 1980.
- GROSS, E. et al. Nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* em solo de cerrado autoclavado e não autoclavado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 95-101, jan./fev. 2004
- GUADARRAMA, P.; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, F. J. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi for Veracruz, Mexico. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 8, n. 5, p. 267- 270, mar.1999.
- GUERRERO, E. et al. Perspectivas de manejo de la micorriza arbusculares en ecosistemas tropicales. In: GUERRERO, E. **Micorrizas, recurso biológico del suelo**. Bogotá: Fondo Fen Colombia, 1996. p. 181-206.
- JANOS, D. P. Mycorrhizas, succession and the rehabilitation of deforested lands in the humid tropics. In: FRANKLAND, J. C. et al. (Eds.) **Fungi and environmental change**. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1996. p. 129-162. (British Mycological Society Symposium. v.20).
- JASPER, D. A. et al. Soil disturbance in native ecosystems – The decline and recovery of infectivity of VA mycorrhizal fungi. In: READ, D. J. et al., eds. **Mycorrhizas in ecosystems**. Wallingford: CAB International, 1992. p. 151-155.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant**

- Disease Reporter**, St. Paul, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.
- JENKINSOM, D. S. Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: WILSON, J.R. ed. **Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems**. Wallingford: CAB Institute, 1988. p. 368-386.
- JESUS, R. M. Revegetação: da teoria à prática. Técnicas de implantação. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. p. 123-134.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.
- MARTINS, A. K. E. et al. Crescimento e de parte aérea de cinco espécies de leguminosas submetidas a substrato compactado. **Revista Ciência Agroambiental**, Tocantins, v. 1, p. 75-81, jan./jun. 2006.
- MERCANTE, F. M. et al. Atributos microbiológicos avaliados em cultivo de mandioca sob diferentes coberturas de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11., Campo Grande, 2005. **Anais...** Campo Grande: Governo do Estado ; Dourado: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005.
- MELLONI, R. et al. Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no sul de Minas Gerais. **Ciência Agrotecnia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 7-13, jan./fev. 2001.
- MONTAGNINI, F.; SANCHÓ, F. Nutrient budgets of young plantations with native trees: strategies for sustained management. In: BENTHEY, W.; GOWEN, M. (Ed.). **Forest sources and wood-based biomass energy as rural development assets**. New Delhi: Oxford and IBH Publishing, 1994. p. 213-233.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. Lavras-MG. **Cerne**, Lavras, v. 1, p. 64-72, 1994.
- PARROTA, J. A. et al. The effect of overstory composition on understory woody regeneration and species richness on 7-year-old plantations in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 99, p. 1/2, p. 21-42, dec. 1997.
- PEREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, C. A. Efeitos do *Eucalyptus camaldulensis* sobre a colonização micorrízica e a nodulação em *Dimorphandra mollis* e *Stryphnodendron adstringens*, em Brasilândia, Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 409-415, nov./dez. 2005.
- RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de Análises de Solos para fins de Fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).
- RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- RILLIG, M. C.; MUMMEY, D. L. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytologist**, Sheffield, v. 171, n., p. 41-53, jul. 2006.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. eds. **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2000. p. 233-247.
- RODRIGUES, G. B. et al. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 73-80, jan./fev. 2007.
- SAGGIN-JUNIOR, O. J. **Micorrizas arbusculares em mudas de espécies arbóreas do sudeste brasileiro**. 1997. 120 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.
- SCABORA, M. H. et al. Crescimento, fosfatase ácida e micorrização de espécies arbóreas, em solo de cerrado degradado. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 445-451, abr./jun. 2010.
- SILVA, E. A. et al. Efeito da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e no crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 323-333, mar./apr. 2008.
- SILVEIRA, A. P. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Arbuscular mycorrhiza and kinetic parameters of phosphorus absorption by bean plants. **Science Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 2, p. 203-209, mar./apr. 2004.
- SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 11, n. 5, p. 245-255, oct. 2001.
- SOUZA, F. A.; SILVA, E. M. R. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Avanços em fundamentos**

- e aplicação de micorrizas.** Lavras: Universidade Federal de Lavras/DCS e DCF, 1996. p. 255-290.
- SOUZA, V. et al. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 612–618, jul./set. 2006
- THOMAZINI, L. I. Mycorrhiza in plants of the “Cerrado”. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 41, n. 3, p. 707-711, dec. 1974
- ZANGARO FILHO, W. et al. Mycorrhizal dependency, inoculum potential and habitat preference of native woody species in South Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 16, n. 4, p. 603-622, jul. 2000.
- ZANGARO FILHO, W. et al. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 77-87, jan./jun. 2002.