

## MICORRIZA ARBUSCULAR EM ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DA BACIA DO RIO TIBAGI, PARANÁ

Waldemar Zangaro<sup>1</sup>, Silvio M. A. Nisizaki<sup>2</sup>, Juliana C. B. Domingos<sup>2</sup>, Emilia M. Nakano<sup>2</sup>

**RESUMO:** Relata-se a incidência da colonização de micorriza arbuscular (MA) e a resposta à inoculação em 81 espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi (PR), em condições de casa de vegetação. Também é relatada a incidência da colonização de MA em 51 espécies arbóreas nativas coletadas em áreas em início de sucessão arbórea e no interior da floresta estacional semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina (PR). A resposta à inoculação e à colonização de MA em casa de vegetação foi geralmente elevada entre as espécies pioneiras e secundárias iniciais, sendo baixa entre as secundárias tardias e muito baixa entre as climaxes. Em nove espécies arbóreas, pertencentes às secundárias tardias e climaxes, não houve respostas à inoculação. Nas amostras das raízes oriundas do campo, a incidência da colonização de MA foi de alta a média para as espécies pioneiras e secundárias iniciais e de baixa a muito baixa entre as secundárias tardias e climaxes. Apenas *Peltophorum dubium* (canafistula), *Zeyheria tuberculosa* (ipê-felpudo) e *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa) não responderam à inoculação e não apresentaram colonização de MA nas raízes oriundas da casa de vegetação e do campo. As demais espécies apresentaram colonização de MA que variou de muito elevada para muito baixa, indicando que a ocorrência da colonização de MA é generalizada entre as espécies arbóreas nativas. As espécies que pertencem às fases iniciais da sucessão foram mais susceptíveis à simbiose de MA do que as espécies tardias.

Palavras-chave: Espécies arbóreas nativas, grupos sucessionais, micorrizas arbusculares, inoculação, viveiro florestal.

## ARBUSCULAR MYCORRHIZAL IN NATIVE WOODY SPECIES OF TIBAGI RIVER BASIN, PARANÁ

**ABSTRACT:** The incidence of arbuscular mycorrhizal (AM) and response to inoculation of 81 native woody species from Tibagi river basin, Paraná State, South Brazil, under greenhouse conditions are reported. The AM colonization incidence of 51 native woody species collected in the area at the beginning of arboreal succession and in the interior of the forest of the Parque Estadual Mata dos

---

<sup>1</sup> Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Universidade Estadual de Londrina, 86051-990, Londrina, Paraná. Tel.: 433714247; Fax: 433714207; e-mail: wzangaro@uel.br

<sup>2</sup> Alunos do curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina. Bolsistas do CNPq.

Godoy (23° 27' S e 51° 15' W) is also analysed. The response to inoculation and AM colonization in greenhouse were in general high between the pioneer and early secondary species, and low between the late secondary and climax species. In nine arboreal species belonging to the late secondary and climax species did not show response to inoculation. The incidence of AM colonization in root samples collected in the field was high to intermediate among the pioneer and early secondary species and was low to very low between the late secondary and climax species. *Peltophorum dubium* (canafístula), *Zeyheria tuberculosa* (ipê-felpudo) e *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa) did not have response to inoculation and AM colonization of the roots from both the greenhouse and field. All other species showed AM colonization which changed from very high to very low, indicating that the occurrence of AM colonization is generalized among native woody species. The woody species belonging to the early phases of succession were more susceptible to AM symbiosis than later successional species.

**Key words:** Native woody species, successional groups, arbuscular mycorrhizal, inoculation, nursery.

## 1. INTRODUÇÃO

As áreas de floresta tropical têm diminuído progressivamente, para dar lugar a campos de agricultura, de pastagens e a extensas áreas de terras degradadas, com grande perda da biodiversidade. O rápido declínio da fertilidade do solo, com deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas, é um grande obstáculo para a regeneração natural da floresta e para os programas de revegetação (Brow & Lugo, 1994). Ecossistemas degradados apresentam baixa resiliência e o retorno para as condições originais após a perturbação pode não ocorrer ou ser extremamente lento (Barbosa, 1997). Os fragmentos remanescentes de floresta são muito importantes como reserva de germoplasma das espécies de plantas nativas e, onde a sucessão natural não pode ser estabelecida, devido à distância das fontes de propágulos, o plantio sustentável de árvores nativas pode ser uma alternativa promissora (Zangaro, 1997).

O sucesso da revegetação depende da capacidade da plântula em capturar os recursos necessários no início do seu desenvolvimento, obter fonte contínua de nutrientes e possuir o vigor necessário para resistir a doenças e a estresses

climáticos (Perry et al., 1987). Segundo Janos (1996), a maior parte das áreas destinadas à revegetação é constituída de solos com baixa fertilidade e baixo potencial de inóculo de microrganismos benéficos para as plantas, como as micorrizas arbusculares (MA). O conhecimento sobre a capacidade das espécies vegetais em formar simbioses com estes fungos do solo é de grande importância para o sucesso da revegetação (Jasper et al., 1991) e serve de suporte para pesquisas de produção de mudas de essências nativas formadas em viveiros florestais (Carneiro et al., 1998). As micorrizas arbusculares aumentam o crescimento e as chances de sobrevivência das plântulas no campo, por meio do aumento na absorção de nutrientes minerais e água, além de prolongar a vida da raiz e proteger a planta de patógenos (Abbott & Robson, 1991). A quantidade de inóculo de MA do solo influencia o estabelecimento, crescimento e competição entre as espécies de plantas, o que tem importantes implicações para a restauração de áreas degradadas (Asbjornsen & Montagnini, 1994). Nas áreas onde o potencial de inóculo for baixo, a revegetação pode ser facilitada pela inoculação das plântulas com MA antes do plantio no campo, garantindo maior diversidade de espécies (Jasper

et al., 1992). O objetivo deste trabalho é divulgar a importância da utilização da associação micorriza nas espécies arbóreas nativas formadas em viveiros, abordando de modo qualitativo a resposta das plantas à inoculação com micorriza arbuscular. Ainda, relatar a sua ocorrência nas raízes das espécies em casa de vegetação e daquelas coletadas no campo, com ênfase na utilização de MA em essências nativas, visando a revegetação e recuperação de solos degradados.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Plântulas de 81 espécies arbóreas nativas pertencentes aos diferentes grupos sucessionais da bacia do rio Tibagi, estado do Paraná, cresceram em substrato (85% de subsolo e 15% de areia) colocado em sacos plásticos pretos com capacidade para 2,0 kg e fumigados com brometo de metila. Esporos nativos de MA para a inoculação foram obtidos de solos nas rizosferas de plântulas de espécies arbóreas pioneiras. Os esporos foram separados por peneiramento úmido e decantação, centrifugados em sacarose 60% e desinfestados com hipoclorito 1% (Sieverding, 1991). Aproximadamente 350 esporos foram aplicados em cada saco de cultivo, totalizando 10 sacos por espécies. Outros 10 sacos não receberam os esporos, sendo o grupo controle. As plântulas foram transplantadas, após a emergência da parte aérea e, de acordo com o seu crescimento, foram mantidas em casa de vegetação entre 14 e 29 semanas. Para estimar a colonização pelas MA, 1 g de raiz de cada planta foi clarificada em KOH 10% e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 5%, acidificado com HCl 1% e coradas com azul de tripano 0,05% (Kormanik & McGraw, 1982). O método de interseção de quadrantes foi utilizado para o cálculo da porcentagem de colonização de MA (Giovannetti & Mosse, 1980). O grau de resposta das plantas à inoculação foi calculado de acordo com a diferença da produção da biomassa seca de plantas inoculadas e não inoculadas (Plenchette et al., 1983).

Plântulas de 51 espécies arbóreas foram coletadas no interior da floresta estacional semi-decidual do Parque Estadual Mata dos Godoy e em uma área dominada por espécies arbóreas da sucessão inicial, que foi utilizada como pastagem durante 40 anos e abandonada para revegetação natural há 15 anos. As referidas áreas são adjacentes e estão localizadas a 25 km da cidade de Londrina, estado do Paraná. Foram coletadas entre 3 e 5 plantas de cada espécie, com altura entre 30 e 60 cm. O sistema de raízes de cada planta foi escavado e coletado cuidadosamente para evitar quebra das raízes que, posteriormente, foram lavadas em água corrente para remover o solo e as raízes de outras plantas. As raízes finas foram estocadas em FAA, clarificadas e coradas para o cálculo da colonização de MA.

As espécies arbóreas nativas foram colocadas nas categorias sucessionais e o seu enquadramento nos diversos grupos ecológicos foi baseado nos trabalhos de Kageyama, 1992; Leitão-Filho, 1993; Salis et al., 1994; Ferretti et al., 1995; Gandolfi et al., 1995; Barbosa, 1997; Dias et al., 1998; Silva & Soares-Silva, 2000. As espécies arbóreas foram classificadas em categorias quanto a resposta e colonização, em muito alta (> 80%), alta (60 - 79%), média (40 - 59%), baixa (20 - 39%), muito baixa (1 - 19%), Au = ausente.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colonização das raízes e a resposta à inoculação para algumas espécies arbóreas pode apresentar diferenças entre este estudo e outros porque algumas espécies de MA podem ser mais efetivas do que outras, diferindo na extensão da colonização das raízes e resposta à inoculação (Jakobsen, 1995; Sanders et al., 1996). Estas diferenças também ocorrem dependendo da disponibilidade de P do solo (Habte & Manjunath, 1987; Miller et al., 1994).

A colonização de MA nas raízes coletadas em casa de vegetação das espécies arbóreas pioneiras e secundárias iniciais foi de alta a muito alta,

com exceção para *Anadenanthera macrocarpa* (angico-preto), *Colubrina glandulosa* (sobrasil) e *Poecilanthe parviflora* (coração-de-negro) que apresentaram média colonização (Tabela 1). Entre as secundárias tardias, *Campomanesia xanthocarpa* (guabirobeira) e as espécies de *Tabebuia* (ipê) apresentaram elevada colonização, enquanto *Astronium graveolens* (guaritá), *Chorisia speciosa* (paineira), *Cordia ecalyculata* (café-de-bugre) e *Vitex montevidensis* (tarumã) mostraram

média colonização de MA. Apenas em *Peltophorum dubium* (canafistula) e *Zeyheria tuberculosa* (ipê-felpudo) não foi observada colonização nas raízes. As demais espécies secundárias tardias apresentaram baixa a muito baixa colonização de MA. Entre as espécies climáces, apenas *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa) não apresentou colonização, e as demais espécies apresentaram de baixa a muito baixa colonização de MA em suas raízes.

**Tabela 1.** Incidência da colonização MA em casa de vegetação (CV) e no campo e a resposta à inoculação das espécies arbóreas nativas e seus respectivos grupos ecológicos.

**Table 1.** Incidence of MA colonization in greenhouse (CV) and in field condition and species to inoculation and their response to arboreal native respective ecological groups.

| Espécie (Família) e nome comum                                                  | Colonização <sup>‡</sup> | Colonização <sup>‡</sup> | Resposta <sup>‡</sup> |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
|                                                                                 | C V                      | Campo <sup>i f</sup>     |                       |
| <b>Pioneiras</b>                                                                |                          |                          |                       |
| <i>Aegiphila sellowiana</i> Cham. (Verbenaceae), tamanqueiro                    | MA                       | M <sup>i</sup>           | MA                    |
| <i>Cecropia glaziovii</i> Snethl. (Cecropiaceae), embaúba                       | MA                       | A <sup>i</sup>           | MA                    |
| <i>Cecropia pachystachya</i> Trec. (Cecropiaceae), embaúba                      | MA                       | A <sup>i</sup>           | MA                    |
| <i>Cestrum intermedium</i> Sendtn. (Solanaceae), coarana                        | A                        | M <sup>i</sup>           | MA                    |
| <i>Cytharexylum mirianthum</i> Cham. (Verbenaceae), pau-de-violão               | MA                       | -                        | MA                    |
| <i>Croton floribundus</i> Spreng. (Euphorbiaceae), capixingui                   | MA                       | M <sup>i</sup>           | MA                    |
| <i>Croton urucurana</i> Baill. (Euphorbiaceae), sangra-d'água                   | A                        | -                        | MA                    |
| <i>Mimosa scabrella</i> Benth. (Mimosaceae), bracinga                           | A                        | -                        | MA                    |
| <i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker (Asteraceae)                         | MA                       | -                        | MA                    |
| <i>Schinus terebenthifolius</i> Raddi (Anacardiaceae), aroeirinha               | A                        | M <sup>i</sup>           | MA                    |
| <i>Senna macranthera</i> (Collad.) Irwin et Bar. (Caesalpinaceae), fedegoso     | A                        | M <sup>i</sup>           | MA                    |
| <i>Solanum argenteum</i> Dun. (Solanaceae), joá-manso                           | MA                       | M <sup>i</sup>           | MA                    |
| <i>Tabernaemontana australis</i> (M. Arg.) Miers (Apocynaceae), leiteiro        | MA                       | B <sup>f</sup>           | MA                    |
| <i>Trema micrantha</i> (L.) Blum. (Ulmaceae), trema                             | MA                       | A <sup>i</sup>           | MA                    |
| <i>Xylosma ciliatifolium</i> (Clos.) Eichler (Flacourtiaceae), espinho-de-judeu | MA                       | M <sup>i</sup>           | MA                    |
| <i>Xylosma pseudosalzmannii</i> Sleumer (Flacourtiaceae), espinho-de-judeu      | MA                       | -                        | MA                    |
| <b>Secundárias iniciais</b>                                                     |                          |                          |                       |
| <i>Albizia hasslerii</i> (Chodat) Burkart (Mimosaceae), farinha-seca            | A                        | -                        | MA                    |
| <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Bren. (Mimosaceae), angico-branco        | MA                       | -                        | A                     |

Continua...

Continuação Tabela 1...

|                                                                               |    |                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------|----|
| <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Bren. (Mimosaceae), angico-preto     | M  | -               | B  |
| <i>Bastardiopsis densiflora</i> (Hook. & Arn.) Hass. (Malvaceae), algodoeiro  | A  | -               | MA |
| <i>Bauhinia forficata</i> Link. (Caesalpinaceae), pata-de-vaca                | MA | -               | M  |
| <i>Casearia sylvestris</i> Sw. (Flacourtiaceae), erva-de-lagarto              | A  | M <sup>f</sup>  | MA |
| <i>Colubrina glandulosa</i> Perk. (Rhamnaceae), sobrasil                      | M  | B <sup>i</sup>  | M  |
| <i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud. (Boraginaceae), louro-pardo | A  | -               | MA |
| <i>Eugenia uniflora</i> L. (Myrtaceae), pitangueira                           | MA | B <sup>i</sup>  | MA |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (Sterculiaceae), mutambo                        | A  | M <sup>i</sup>  | MA |
| <i>Heliocarpus americanus</i> L. (Tiliaceae), algodoeiro                      | MA | M <sup>i</sup>  | MA |
| <i>Lafoensia pacari</i> A. St. Hil. (Lythraceae), dedaleiro                   | MA | -               | MA |
| <i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. & Benth. (Fabaceae), angelim-bravo       | A  | -               | A  |
| <i>Luehea candicans</i> Mart. Zucc. (Tiliaceae), açoita-cavalo                | A  | M <sup>i</sup>  | MA |
| <i>Luehea divaricata</i> Mart. (Tiliaceae), açoita-cavalo                     | MA | -               | MA |
| <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Bren. (Mimosaceae), angico-vermelho     | A  | B <sup>i</sup>  | M  |
| <i>Poecilanthe parviflora</i> Benth. (Fabaceae), coração-de-negro             | M  | -               | A  |
| <i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Rob. (Bombacaceae), embiruçu       | A  | -               | MA |
| <i>Psidium guajava</i> L. (Myrtaceae), goiabeira                              | M  | B <sup>i</sup>  | A  |
| <i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) Sm. (Euphorbiaceae), branquilha     | A  | M <sup>i</sup>  | MA |
| Secundárias tardias                                                           |    |                 |    |
| <i>Acacia polyphylla</i> DC. (Mimosaceae), monjoleiro                         | MB | -               | B  |
| <i>Astronium graveolens</i> Jacq. (Anacardiaceae), guaritá                    | M  | MB <sup>f</sup> | B  |
| <i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd. (Nyctaginaceae), primavera            | B  | -               | B  |
| <i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg (Myrtaceae), guabirobeira             | MA | B <sup>f</sup>  | MA |
| <i>Cedrela fissilis</i> Vell. (Meliaceae), cedro-rosa                         | B  | MB <sup>f</sup> | MB |
| <i>Centrolobium tomentosum</i> Guill. Ex Benth. (Fabaceae), araribá           | B  | MB <sup>f</sup> | M  |
| <i>Chorisia speciosa</i> A. St. Hil. (Bombacaceae), paineira                  | M  | MB <sup>f</sup> | MB |
| <i>Cordia ecalyculata</i> Vell. (Boraginaceae), café-de-bugre                 | M  | -               | M  |
| <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong (Mimosaceae), timbaúva    | MB | -               | Au |
| <i>Ficus guaranitica</i> Chodat (Moraceae), guapoí                            | MB | MB <sup>f</sup> | B  |
| <i>Genipa americana</i> L. (Rubiaceae), jenipapo                              | MB | -               | Au |
| <i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart. (Mimosaceae), ingá-ferradura               | B  | -               | B  |
| <i>Inga striata</i> Benth. (Mimosaceae), ingá-banana                          | B  | MB <sup>f</sup> | MB |
| <i>Jacaranda puberula</i> Cham. (Bignoniaceae), jacarandá branco              | B  | MB <sup>f</sup> | B  |
| <i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC. (Caricaceae), jaracatiá               | MB | Au <sup>f</sup> | MB |

Continua...

Continuação Tabela 1...

|                                                                                 |    |                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------|----|
| <i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl. (Anacardiaceae), aroeira-branca        | B  | MB <sup>f</sup> | B  |
| <i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl. (Fabaceae), feijão-cru                | MB | MB <sup>f</sup> | Au |
| <i>Machaerium stipitatum</i> Vog. (Fabaceae), sapuva                            | MB | -               | MB |
| <i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees (Lauraceae), canela-guaicá                  | B  | MB <sup>f</sup> | M  |
| <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub. (Caesalpinaceae), canafistula         | Au | Au <sup>f</sup> | Au |
| <i>Prunus sellowii</i> Koehne (Rosaceae), pessegueiro-bravo                     | MB | MB <sup>f</sup> | Au |
| <i>Pterogyne nitens</i> Tul. (Caesalpinaceae), amendoim-bravo                   | MB | MB <sup>f</sup> | MB |
| <i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn. (Polygonaceae), viraru                       | MB | -               | B  |
| <i>Strichnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart. (Styracaceae), anzol-de-lontra    | MB | MB <sup>f</sup> | B  |
| <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassm. (Arecaceae), gerivá                | MB | MB <sup>f</sup> | Au |
| <i>Tabebuia avellaneda</i> Lor. ex Griseb. (Bignoniaceae), ipê-roxo             | MA | -               | MA |
| <i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex DC.) Standl. (Bignoniaceae), ipê-amarelo | A  | M <sup>i</sup>  | MA |
| <i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridl.) Sand. (Bignoniaceae), ipê-branco             | MA | -               | MA |
| <i>Vitex montevidensis</i> Cham. (Verbenaceae), tarumã                          | M  | B <sup>i</sup>  | A  |
| <i>Zeyheria tuberculosa</i> Beer (Bignoniaceae), ipê-felpudo                    | Au | Au <sup>f</sup> | Au |
| Climaces                                                                        |    |                 |    |
| <i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) M. Arg. (Euphorbiaceae), laranjinha      | B  | MB <sup>f</sup> | B  |
| <i>Aspidosperma polyneuron</i> M. Arg. (Apocynaceae), peroba rosa               | Au | Au <sup>f</sup> | Au |
| <i>Cariniana estrelensis</i> (Raddi.) Kuntze (Lecythidaceae), jequitibá         | MB | -               | MB |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. (Caesalpinaceae), copaíba                   | MB | -               | MB |
| <i>Euterpe edulis</i> Mart. (Arecaceae), palmitero                              | MB | MB <sup>f</sup> | B  |
| <i>Guarea kunthiana</i> A. Juss. (Meliaceae), figo-do-mato                      | MB | MB <sup>f</sup> | MB |
| <i>Holocalyx balansae</i> Mich. (Fabaceae), alecrim-de-campinas                 | MB | MB <sup>f</sup> | MB |
| <i>Hymenaea courbaril</i> L. (Caesalpinaceae), jatobá                           | MB | -               | Au |
| <i>Ocotea indecora</i> Schott. (Lauraceae), canela                              | MB | MB <sup>f</sup> | B  |
| <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms (Mimosaceae), olho-de-cabra                | B  | -               | MB |
| <i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman (Myrtaceae), guamirim                 | MB | MB <sup>f</sup> | MB |
| <i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) Burg. Lanj. & Boer (Moraceae), capiricica    | MB | MB <sup>f</sup> | MB |
| <i>Trichilia casaretti</i> C. DC. (Meliaceae), catiguá-vermelho                 | B  | MB <sup>f</sup> | B  |
| <i>Trichilia clausenii</i> C. DC. (Meliaceae), catiguá                          | MB | MB <sup>f</sup> | MB |
| <i>Trichilia elegans</i> A. Juss. (Meliaceae)                                   | B  | MB <sup>f</sup> | MB |

\*MA = muito alta (> 80%), A = alta (60 - 79%), M = média (40 - 59%), B = baixa (20 - 39%), MB = muito baixa (1-19%), Au = ausente. <sup>i</sup> plântulas coletadas na área em início de sucessão,

<sup>f</sup> plântulas coletadas no interior da floresta.

A colonização de MA nas raízes das espécies coletadas na área em início de sucessão arbórea e no interior da floresta do Parque Estadual Mata dos Godoy, foi de alta para média entre as espécies arbóreas pioneiras e secundárias iniciais. Apenas *Tabernaemontana australis* (leiteiro), *Colubrina glandulosa* (sobrasil), *Eugenia uniflora* (pitangueira) e *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho) apresentaram baixa colonização. Entre as espécies secundárias tardias e climáces, a colonização de MA estava ausente em *Jacaratia spinosa* (jaracatiá), *Peltophorum dubium* (canafistula), *Zeyheria tuberculosa* (ipê-felpudo) e *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa) foi média para *Tabebuia chrysotricha* (ipê-amarelo), foi baixa para *Campomanesia xanthocarpa* (guabirobeira) e *Vitex montevidensis* (tarumã) e foi muito baixa para as demais espécies secundárias tardias e climáces.

A resposta à inoculação foi muito elevada entre todas as espécies arbóreas pioneiras, sendo de média a muito alta para as secundárias iniciais, com exceção de *Anadenanthera macrocarpa* (angico-vermelho) que foi baixa (Tabela 1). Entre as secundárias tardias, *Campomanesia xanthocarpa* (guabirobeira) e as espécies de *Tabebuia* (ipê) apresentaram resposta à inoculação muito elevada, enquanto que *Vitex montevidensis* (tarumã) mostrou alta resposta. *Centrolobium tomentosum* (araribá), *Cordia ecalyculata* (café-de-bugre) e *Ocotea puberula* (canela-guaicá) apresentaram média resposta. Apenas cinco espécies de secundárias tardias não apresentaram resposta. As demais espécies arbóreas apresentaram baixa a muito baixa resposta à inoculação de MA. As espécies climáces, *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa) e *Hymenaea courbaril* (jatobá) não responderam à presença de MA. As demais espécies apresentaram resposta baixa a muito baixa.

Os resultados de ocorrência da colonização de MA, tanto em casa de vegetação quanto das raízes coletadas no campo, estão associadas com as respostas das plantas à inoculação de MA. As espécies pioneiras e secundárias iniciais

geralmente apresentaram elevada colonização em casa de vegetação e de alta para média colonização no campo, correspondendo a elevada resposta à inoculação. Seguindo a mesma tendência, as espécies secundárias tardias e climáces, de modo geral, apresentaram de baixa para muito baixa colonização de MA em casa de vegetação e no campo, correspondendo a baixa para muito baixa resposta à inoculação. Isto demonstra a grande variabilidade intra-específica na susceptibilidade para a colonização de MA e para resposta à inoculação, que mostra ser diferenciada entre as espécies arbóreas dos grupos ecológicos que pertencem às fases iniciais da sucessão com as espécies que participam das fases finais.

A colonização das raízes na casa de vegetação está associada com a colonização das raízes coletadas no campo. Neste, a colonização sempre foi menor do que na casa de vegetação. As espécies pioneiras e secundárias iniciais geralmente apresentaram de alta para muito alta colonização em casa de vegetação, enquanto que as mesmas espécies no campo apresentaram média colonização de MA. A mesma tendência pode ser observada entre as espécies secundárias tardias e climáces, que mostraram de baixa para muito baixa colonização em casa de vegetação e muito baixa colonização das raízes das mesmas espécies oriundas do campo. Esta correspondente incidência na colonização de MA entre as raízes coletadas em casa de vegetação com aquelas oriundas do campo, associada com a resposta à inoculação, fornece informações da funcionalidade da simbiose nos locais de ocorrência das diferentes espécies arbóreas no campo. Também pode ser um indicador da disponibilidade do inóculo de MA no campo e pode ser usada como um índice confiável para prognóstico da colonização de MA (Gange et al., 1993) destas espécies arbóreas nativas no campo.

Dentre as 81 espécies arbóreas estudadas em casa de vegetação, 11% não responderam à inoculação de MA durante o período de crescimento das plântulas e 4% não apresentaram co-

lonização nas raízes. Entre as 51 espécies coletadas no campo, apenas em 8% a colonização de MA estava ausente. Este pequeno número de espécies arbóreas que não responderam à inoculação e aquelas que não apresentaram colonização nas raízes, sugere que a ocorrência da simbiose de MA é muito freqüente e generalizada entre as espécies arbóreas nativas pertencentes aos diferentes grupos sucessionais da bacia do rio Tibagi.

A rápida taxa de crescimento e a grande demanda pelos minerais, comum entre as espécies arbóreas pioneiras e secundárias iniciais, podem levar estas espécies a apresentar deficiência de P na parte aérea, o que aumenta a colonização de MA nas raízes e produz melhorias na performance do hospedeiro (Zangaro *et al.*, 2000). A alta resposta à inoculação e a elevada colonização de MA está associada às espécies de plantas que apresentam rápido crescimento (Koide, 1991; Smith & Read, 1997), o que pode justificar a elevada colonização e resposta entre as espécies arbóreas das fases iniciais da sucessão. Entre as espécies secundárias tardias e clímaxes, a baixa taxa de crescimento e a menor demanda pelos minerais podem ser algumas das razões pelas quais estas espécies apresentaram baixa colonização e resposta à inoculação. Os motivos por que as espécies de plantas apresentam comportamento distinto quanto a colonização e resposta à inoculação certamente são de ordem evolucionárias.

As 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 reabilitação de terras degradadas e são as espécies responsáveis pela estruturação inicial da floresta (Montagnini & Sancho, 1994). As plantas que apresentam micorrizas arbusculares nas raízes possuem menor estresse nutricional (Koide, 1991), maior disponibilidade de água e aumento na taxa fotossintética (Smith & Read, 1997), maior densidade e longevidade das raízes (Janos,

1996) e maior proteção contra patógenos (Sylvia & Williams, 1992). Neste estudo, as micorrizas arbusculares foram importantes componentes das raízes das espécies que compõem as fases iniciais da sucessão arbórea. O estabelecimento destas espécies altamente micotróficas pode produzir, ao longo do tempo, diversas melhorias no ambiente a ser revegetado, como: a redução de perdas dos nutrientes livres do solo pela fixação pela comunidade biótica; o sombreamento, que impede a irradiação direta do solo; o melhoramento na estrutura do solo; o retorno da reciclagem dos minerais e o aumento dos minerais disponíveis nas camadas mais superficiais do solo florestal. Essas melhorias proporcionadas pelas espécies arbóreas micotróficas das fases iniciais da sucessão, podem deixar o solo mais adequado para o posterior estabelecimento e crescimento de plântulas das fases mais tardias da sucessão (Zangaro *et al.*, 2000).

O conhecimento da quantidade de inóculo de MA disponível no solo e o grau de micotrofia das espécies de plantas para serem usadas na revegetação de uma área, são muito importantes para o sucesso da revegetação (Pfleger *et al.*, 1994). Plântulas em viveiros florestais devem ser inoculadas com MA e plantadas nas áreas escolhidas para revegetação, com conseqüente desenvolvimento de uma rede de micélio que captura recursos do solo e transfere para as plantas (Allen & Allen, 1990).

Plantas colonizadas com MA apresentam maiores chances de instalação e crescimento em solos de baixa fertilidade, mostram grande capacidade competitiva, facilitam a revegetação em áreas com reduzido potencial de inóculo de MA e são de grande importância para os programas de reabilitação de terras degradadas (Janos, 1996). Espécies arbóreas nativas que apresentam respostas positivas à colonização de MA, quando não inoculadas durante a formação das mudas, apresentam crescimento muito reduzido após o transplante (Pouyú-Rojas & Siqueira 2000). O acentuado micotrofismo das arbóreas pioneiras e secundárias iniciais e o ganho adicional no au-

mento da capacidade competitiva individual destas espécies podem colocar a associação micorriza como uns dos principais fatores bióticos para a instalação e o avanço do processo sucessional (Zangaro et al., 2000). Isto aumenta a importância das micorrizas arbusculares, que podem ser utilizadas como importante ferramenta em programas de inoculação durante a preparação de mudas de espécies arbóreas nativas, para serem usadas na revegetação e reabilitação de terras degradadas.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 35, n. 2/3, p. 121-150, Apr. 1991.
- ALLEN, E. B.; ALLEN, M. F. The mediation of competition by mycorrhizae in successional and patchy environments. In: GRACE, J. B.; TILMAN, D. (Ed.). **Perspectives on plant competition**. New York: Academic Press, 1990. p. 367-389.
- 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.
- BARBOSA, L. M. Ecological significance of gallery forests, including biodiversity. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ASSESSEMENT AND MONITORING OF FOREST IN TROPICAL DRY REGIONS, 1997, Brasília. **Anais...** Brasília: CNPq / UNB / GTZ, 1997. p. 157-181.
- BROWN, S.; LUGO, A. E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. **Restoration Ecology**, v. 2, n. 1, p. 97-111, 1994.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, D.; BOTELHO, S. A.; SAGGIN-JUNIOR, O. J. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 129-145, 1998.
- DIAS, M. C.; VIEIRA, A. O. S.; NAKAJIMA, J. N.; PIMENTA, J. A.; LOBO, P. C. Composição florística e fitossociologia do componente arbóreo das florestas ciliares do rio Iapó, na bacia do rio Tibagi, PR. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 183-195, dez. 1998.
- FERRETTI, A. R.; KAGEYAMA, P. Y.; ARBOCZ, G. F.; SANTOS, J. D.; BARROS, M.I.A.; LORZA, R. F.; OLIVEIRA, C. Classificação das espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 3, n. 7, p. 73-77, mar./jun. 1995.
- GANDOLFI, S.; LEITÃO-FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, p. 753-767, 1995.
- GANGE, A. C.; BROWN, V. K.; SINCLAIR, G. S. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi: a determinant of plant community structure in early succession. **Functional Ecology**, Oxford, v. 7, n. 5, p. 616-622, Oct. 1993.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infections in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.
- HABTE, M.; MANJUNATH, A. Soil solution phosphorus status and mycorrhizal dependency in *Leucaena leucocephala*. **Applied Environmental and Microbiology**, Washington, v. 53, n. 4, p. 797-801, Apr. 1987.

JANOS, D. P. Mycorrhizas, succession, and the rehabilitation of deforested lands in the humid tropics. In: FRANKLAND, J. C.; MAGAN, N.; GADD, G. M. (Ed.). **Fungi and environmental change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. p. 129-162. (British Mycological Society Symposium, 20).

JAKOBSEN, I. Transport of phosphorus and carbon in VA Mycorrhizas. In: VARMA, A. & HOCK, B. (Ed.). **Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology**. Berlin: Springer – Verlag, 1995. p. 297-324.

JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, in soils from different vegetation types. **New Phytologist**, Cambridge, v. 118, n. 3, p. 471-476, July 1991.

JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Soil disturbance in native ecosystems - the decline and recovery of infectivity of VA mycorrhizal fungi. In: READ, D. J.; LEWIS, D.H.; FITTER, A. H.; ALEXANDER, I.J. (Ed.) **Mycorrhizas in ecosystems**. Wallingford: CAB International, 1992. p.151-155.

KAGEYAMA, P. Y. Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidroelétricas da CESP. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 8, p. 1-43, 1992.

KOIDE, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **New Phytologist**, Cambridge, v. 117, n. 3, p. 365-386, Mar. 1991.

KORMANIK, P. P.; MCGRAW, A. C. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. In: SCHENCK, N. C. (Ed.). **Methods and principles of mycorrhizal research**. Minnesota: American Phytopathological Society, 1982. p. 37-45.

LEITÃO-FILHO, H. F. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. São Paulo: UNESP-UNICAMP, 1993. 184 p.

MILLER, M.; MCGONIGLE, T.; ADDY, H. An economic approach to evaluate the role of mycorrhizas in managed ecosystems. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 159, n. 1, p. 27-35, Feb. 1994.

MONTAGININI, F.; SANCHO, 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 & IBH Publishing, 1994. p. 213-233.

PERRY, D. L.; MOLINA, R.; AMARANTHUS, M. P. Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation: current knowledge and research needs. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 17, n. 8, p. 929-940, Aug. 1987.

PFLEGER, F. L.; STEWART, E. L.; NOYD, R. K. Role of VAM fungi in mine land revegetation. In: PFLEGER, F.L.; LINDERMAN, R.G. (Ed.). **Mycorrhizae and plant health**. Minnesota: APS Press, 1994. p. 47-81.

PLENCHETTE, C.; FORTIN, J. A.; FURLAN, V. Growth response of several plants species to mycorrhiza in a soil of moderate P fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 70, n. 2, p.191-209, 1983.

POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J. O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 103-114, jan. 2000.

SALIS, S. M.; TAMASHIRO, J. Y.; JOLY, C. A. Florística e fitossociologia do estrato arbóreo de

um remanescente de mata ciliar do rio Jacaré-Pepira, Brotas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 93-103, dez. 1994.

SANDERS, I. R.; CLAPP, J. P.; WIEMKEN, A. The genetic diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in natural ecosystems - a key to understanding the ecology and functioning of the mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**, Cambridge, v. 133, p.123-134, 1996.

SIEVERDING, E. **Vesicular arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschbon, Germany, 1991. 372 p.

SILVA, F. C.; SOARES-SILVA, L. H. Arboreal flora of the Godoy forest state park, Londrina, PR. Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 57, p. 107-120, 2000.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 1997. 605 p.

SYLVIA, D. M.; WILLIAMS, S. E. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stress. In: BETHLENFALVAY, G. J.; LINDERMAN, R. G. (Ed.). **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison: ASA Special Publication, 1992. p. 101-124.

ZANGARO, W. **Micorrizas arbusculares em espécies arbóreas nativas da bacia do Rio Tibagi (PR) e suas relações com os grupos sucessionais**. 1997. 171 p. Tese (Doutoramento) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

ZANGARO, W.; BONONI, V. L. R.; TRUFEN, S. B. 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, July 2000.