



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

REVISÃO DE LITERATURA

APLICAÇÕES DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NO  
GÊNERO *Calophyllum* sp. EM RESTAURAÇÃO AMBIENTAL E SISTEMAS  
AGROFLORESTAIS

Antonio Carlos Pries Devidé

Discente

Revisão de literatura em cumprimento às exigências da Disciplina IF-1130 Ecologia da Rizosfera - Profª Silvia R. Goi. Tema: Ocorrência de micorrizas em Clusiacea (Guttifera) foco em *Calophyllum* spp.

Seropédica, 2012

## INDICE

1	Introdução	4
2	Sistemas Agroflorestais (SAFs)	4
3	O Guanandi – <i>Calophyllum braziliense</i>	5
4	Fungo Micorriza Arbuscular (FMA)	6
4.1	FMA em espécies florestais utilizadas em SAFs	8
4.2	FMA em espécies frutíferas utilizadas em SAFs	9
4.3	FMA em espécies agrícolas utilizadas em SAFs	10
4.4	FMA em espécies de adubos verdes utilizadas em SAFs	10
4.5	FMA em <i>Calophyllum</i> spp.	10
5	Considerações Finais	14
6	Referências Bibliográficas	15

## FIGURAS

1	Imagem aérea da Fazenda Coruputuba, Pindamonhangaba, SP. Vetores de degradação ambiental: loteamento, indústria e rizicultura. Plantios de guanandi – <i>C. braziliense</i> (1, 2 e 3) e anjico – <i>Anadenanthera</i> sp. (4). Relevância de <i>C. braziliense</i> para a biologia da conservação: colonização de brejo e zonas ripárias (Fonte: Google Earth).	5
2	Fig. 2. Estrutura taxonômica do filo Glomeromycota baseado na análise de sequências SSU rRNA (Fonte: Schüßler et al. (2001).	7
3	Estrutura das hifas intra-radiculares, arbuscúlos e vesículas, e extra-radiculares, com hifas ultrapassando a zona de depleção de P inorgânico (Pi), resultando em taxa de absorção de Pi superior a sua taxa de difusão no solo. (Fonte: Berbara et al., 2006).	7
4	Anéis do fungo <i>Arthrobotrys anchonia</i> (Drechsler 1954 ) que inflam capturando e predando nematóides do solo (Fonte: Profª Sivia Goi, disciplina Ecologia da Rizosfera, 2012 in <a href="http://www.mycobank.org">www.mycobank.org</a> ).	8
5	Corte da floresta tropical úmida na Indonésia (Fonte: Turjaman et al., sem data).	11
6	Crescimento de espécies da família Clusiaceae: <i>Ploiarum alternifolium</i> e <i>Calophyllum hosei</i> submetidos ao controle (sem micorrização), <i>Glomus clarum</i> e <i>G. aggregatum</i> , respectivamente (Fonte: Turmajan et al., 2008).	12
7	Incremento de peso de seedlings fertilizados (50 g de 10:30:10 N:P:K) e sem fertilização ( <i>Calophyllum braziliense</i> , <i>Prunus annularis</i> e <i>Quercus oocarpa</i> ). N= 18 para cada espécie e tratamento de fertilização (Fonte: Holl et al., 2000).	13
8	Pesos de três espécies florestais nativas ( <i>Calophyllum braziliense</i> , <i>Ocotea glaucosericea</i> , e <i>Tapirira mexicana</i> ) sete anos após plantio e abandono em pastagem. N=50 para cada espécie. (Fonte: Holl et al., 2000).	13

## TABELA

1	Percentagem de infecção em <i>C. braziliense</i> sob pastagem, copa de árvores e dossel florestal (Fonte: Holl et al., 2000).	13
---	---	----

## 1. Introdução

Na região do Vale do Rio Paraíba do Sul, os três principais vetores de degradação para a biologia da conservação abrangendo o compartimento de várzeas e brejos na Bacia Hidrográfica, são: o cultivo de arroz, a expansão urbano-industrial e a extração mineral (areia), que em 11 anos incrementou a área de lagos de 591 para 1.726 ha, representando 203 % de aumento na evaporação, suficiente para abastecer uma população de 326 mil habitantes (Reis et al, 2006). A elevada carga de sedimentos ricos em N e P (eutrofização) e resíduos de pesticidas no cultivo de arroz poluem o Rio Paraíba (Andrade et al., 2010). No Balneário do Ribeirão Grande, em Pindamonhangaba, quatro espécies de peixes estão em extinção devido o desmatamento das matas ciliares e contaminação dos recursos hídricos. Há demanda tecnológica para a recuperação de solos degradados de zonas ripárias nessa região.

As várzeas do rio Paraíba do Sul somam cerca de 50mil hectares e seus afluentes, 15mil. Foram sistematizadas há mais de 50 anos com diques marginais que delimitam 41 áreas protegidas contra inundações. A agricultura adequa-se ao calendário e as espécies ao risco de inundação. Os solos são sistematizados, os cursos d'água retificados e a irrigação na época seca feita por meio de canais. Solos de textura muito variável (arenosa a muito argilosa) são formados pelas águas pluviais que transportam minerais de áreas de montante, saturando o perfil do solo pela elevada precipitação, removendo nutrientes essenciais e modificando as relações físico-químicas e biológicas.

A remoção da mata ocasiona a perda de biodiversidade e o manejo agroflorestal torna-se uma ferramenta de restauração ambiental. Nesse contexto, a pesquisa sobre FMA é essencial, uma vez que esses solos estão degradados e demandam o uso de recursos com baixo *input* externo para o aumento da eficiência da unidade produtiva.

A formação dos solos de várzea e terraços fluviais é influenciada pela rede de drenagem, apresentando textura variável (arenosa a muito argilosa) e a água remove nutrientes do perfil modificando as relações físico-químicas na rizosfera, restringindo o estabelecimento de espécies vegetais devido ao baixo teor de O<sub>2</sub> dissolvido. Na época seca, surgem fendas nos solos argilosos por onde percolam bases, minerais tóxicos (Fe<sup>2+,3+</sup> e Al<sup>3+</sup>), sedimentos finos e resíduos de agrotóxicos. Os solos dos terraços são pouco desenvolvidos, de textura arenosa e fraca agregação devido o baixo teor de matéria orgânica do solo (MOS), resultando em baixa saturação de bases. Estão sob cultivo pela facilidade de mecanizá-los, porém, a estiagem (abril-agosto) limita o desenvolvimento de diversas espécies agrícolas.

Para a ONG *BirdLife International* (BIOTA/FAPESP) os brejos e campos de arroz na região agrícola em Taubaté são locais ideais para a soltura de animais silvestres (aves). Apesar da importância dos remanescentes de florestas inundáveis como corredor ecológico, refúgio, banco de material genético para a conservação de espécies, manutenção da biodiversidade (Souza et al., 2007) e proteção contra inundações, essas áreas estão desaparecendo sem que se conheça a importância e os aspectos ecológicos (Torres et al., 1994) e fisiológicos das plantas adaptadas à inundação. No Vale do Paraíba, eixo Rio-São Paulo, a agricultura nas várzeas, usinas hidrelétricas (Ivanauskas et al., 1997), o uso do fogo, a expansão urbano-industrial e a extração mineral (areia e argila) contribuem para a extinção da Floresta Atlântica e degradação de ambientes singulares.

Para recuperar esses ambientes para a agricultura, são demandados mais do que elevados aporte de insumos e irrigação para obter-se colheitas comerciais; mas a elaboração de sistemas complexos capazes de regenerar os aspectos físicos, químicos e biológicos dos solos. Várzeas e cabeceiras de drenagem deveriam ser preservadas (Tavares e Silva, 2008) e os sistemas agroflorestais (SAFs) tornam-se uma alternativa de uso do solo como tecnologia alternativa de baixo impacto ambiental.

Nesse contexto, o emprego de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pode melhorar o estabelecimento de espécies florestais e agrícolas, reduzindo custos, tornando o empreendimento mais rentável e equilibrado. Resultados positivos de pesquisas com FMA possibilitam indicar o emprego dessa biotecnologia no manejo agrícola, florestal e do meio ambiente. Atuando na

rizosfera, os FMAs promovem o crescimento das plantas solubilizando e absorvendo minerais do solo pouco móveis, como o P e estão sendo testados na remediação de metais pesados em áreas contaminadas.

Na Fazenda Coruputuba (1911), em Pindamonhangaba, SP, 30 hectares cultivados com Guanandi - *Calophyllum braziliense* para “madeira de lei” em solos degradados de várzeas e terraços fluviais estão sendo convertidos em sistemas agroflorestais (SAFs). O objetivo desse trabalho é pesquisar na literatura registros da ocorrência de FMAs no gênero *Calophyllum*, como subsídio ao projeto “*Biodiversidade na Produção de Guanandi*”<sup>1</sup>. O objetivo do embasamento científico é gerar biotecnologias agroecológicas de baixo custo e monitorar possíveis efeitos dos FMAs nos diferentes níveis de manejo agroflorestal, focados na restauração de habitats ciliares com produção econômica. Essas modificações incluem os estudos na rizosfera, uma vez que o Guanandi está sendo consorciado com culturas anuais, perenes e espécies arbustivas e arbóreas fixadoras de N e dependentes de micorrização. O emprego de FMA no setor agroflorestal pode favorecer a produção comercial com reduzida dependência por recursos externos.

## 2. Sistemas Agroflorestais

Os SAFs são formados por complexos arranjos de plantas em sistemas diversificados, em que os consórcios de culturas agrícolas anuais e perenes são feitos de maneira simultânea, com arbustos e árvores incluídos no mesmo espaço e no tempo, aproveitando-se dos mesmos recursos disponíveis (luz, água e nutrientes). Há SAFs que reproduzem a lógica de uma floresta produtiva, baseados na sucessão ecológica (Peneireiro, 2007). O manejo apoia-se em princípios agroecológicos, na cobertura permanente do solo, na reciclagem de nutrientes por meio da poda, atuando sempre no sentido de aumentar a quantidade e a qualidade de vida consolidada (Götsch, 1995).

A forma de uso e manejo da terra nas quais árvores e arbustos são utilizados em associações com cultivos agrícolas e/ou animais, em uma mesma área, de maneira simultânea ou em uma sequência temporal (Dubois, 1998), definem os SAFs. Atualmente, estratégias estão sendo feitas para que os SAFs foquem a obtenção intensiva da produção agrícola, animal e florestal; porém, podem restaurar a floresta (Caldeira, 2011) ou recuperar áreas degradadas, melhorando a fertilidade dos solos, aumentando a diversidade de espécies no agroecossistema (Peneireiro, 1999).

Em Pindamonhangaba, SP, a Fazenda Coruputuba (Fig. 1) está convertendo áreas de várzea e teraço fluvial cultivadas com *C. braziliense* em SAFs. *C. braziliense* é espécie nativa de lento crescimento adaptada aos solos inundados. O fomento à produção de madeira de lei nativa, também, é feito por meio da venda de mudas e sementes, resultando na expansão dos plantios em outros compartimentos da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul.

Assim *C. braziliense* pode se tornar uma alternativa de renda menos impactante ao ambiente, por ser nativa, dispersa por morcegos e pela água, colonizando zonas ripárias. Os arranjos agroflorestais visam a distribuição da renda no tempo, incluindo culturas agrícolas de valor econômico até que o guanandi seja cortado para madeira de lei. O consórcio com outras espécies florestais nativas e adubos verdes visa o equilíbrio ecossistêmico, obtendo variada fonte de matéria orgânica para o solo, melhorando a bioestrutura, beneficiando diversos níveis tróficos, incluindo a biota do solo e os FMA. A biota consome a biomassa aportada ao sistema e libera os nutrientes reciclados.

---

<sup>1</sup> Projeto de tese é parte do trabalho de pesquisa do discente na APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Pólo Regional do Vale do Paraíba, órgão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, com o apoio da FUNDAG - Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola e empresa guanandi CP-4 Nova Coruputuba.

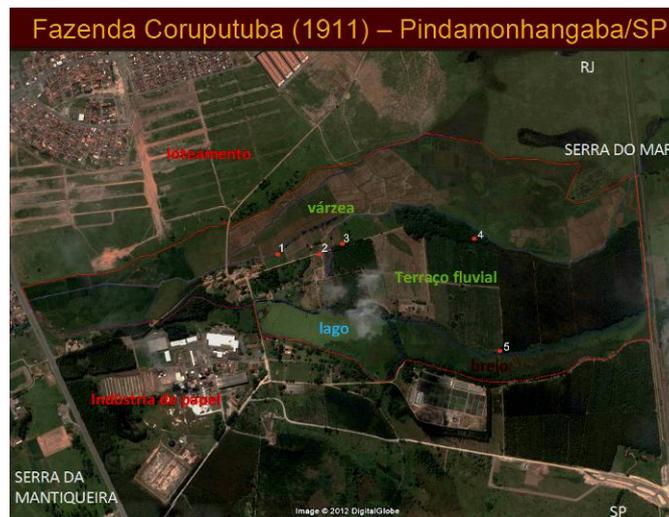


Fig. 1. Imagem aérea da Fazenda Coruputuba, Pindamonhangaba, SP. Vetores de degradação ambiental: loteamento, indústria e rizicultura. Plantios de guanandi – *C. braziliense* (1, 2 e 3) e anjico – *Anadenanthera* sp. (4). Relevância de *C. braziliense* para a biologia da conservação: colonização de brejo e zonas ripárias (Fonte: Google Earth).

Apesar dos estudos nos últimos 20 anos propiciarem aumento do conhecimento sobre a dinâmica de florestas ripárias (Torres et al., 1994; Ivanauskas et al., 1997; Toniato et al., 1998; Marques et al., 2000; e Rocha et al., 2005), houve poucos avanços para definir estratégias de restauração dessas áreas, com vistas à sustentabilidade das ações, sob o ponto de vista ambiental (baixo impacto) e econômico (redução de custos, aumento de produtividade e perenidade da ação).

Este trabalho registra como o emprego de FMA em Clusiaceae (Guttiferae) contribui para a restauração de habitats singulares, balisando ações futuras com *C. braziliense* e espécies consortes nos SAFs, em Coruputuba, na várzea e em terraço fluvial. Essa revisão contém registros sobre FMA, mecanismos da adaptação vegetal ao ambiente, ênfase na ecofisiologia, citando estirpes de FMA selecionadas para *Calophyllum* spp. focando a produção de madeira e a restauração ambiental.

### 3. O Guanandi

O Gênero *Calophyllum* spp. pertence à Família Clusiaceae (Guttifera) e possui diversas aplicações: madeira de lei, medicamentos e restauração ambiental (abrigo e alimento para a fauna). Em canais e cavidades esquizógenas presentes nas folhas coriáceas e na casca de *Calophyllum* spp., diversos metabólitos secundários de importância medicinal são secretados e estão presentes em toda a família (Cronquist, 1981 *apud* Junior et al., 2005), tais como xantonas e cumarinas (Gasparotto Junior et al., 2005) com efeito crioprotetor, antisecretor e anti-úlceras (Sem et al., 2009; Sartori et al., 1999), atividade anti-analgésica e anti-inflamatória (Silva et al., 2001) e moluscicida de uma cumarina com intensa atividade frente a *Biophalaria glabrata*, vetor da Esquistossomose Mansônica no Brasil (Gasparotto Junior et al., 2005).

O Guanandi (*Calophyllum braziliense* Cambess.) é espécie nativa do Brasil e cunhou o nome “madeira de lei” ao ser a primeira espécie florestal declarada propriedade do Estado (Decisão nº07 do Imperador Dom Pedro II, 07/01/1835). A exploração predatória quase o levou à extinção e populações remanescentes estão em risco devido à ocupação de habitats naturais e à extração ilegal da madeira. Está presente em diferentes fitofisionomias brasileiras, preferindo ambientes ciliares, solos sujeitos à inundação ou brejosos (Toniato et al., 1998; Kawaguchi e Kageyama, 2001; Souza, 2007).

*C. braziliense* germina após até três meses de submersão embora não o faça nessa condição; as sementes são não fotoblásticas e as plântulas crescem normalmente em solo inundado ou drenado (Marques e Joly, 2000<sup>1</sup>; Marques e Joly, 2000<sup>2</sup>). Adapta-se melhor aos solos aluviais com elevados teores de argila, úmidos, saturados e ácidos (pH 4.5 a 6.0), ricos em Fe e Al, e baixos teores de P e

K. Espécie típica de áreas inundáveis, ocorre desde a América Central à costa Sudeste do Brasil, na Florestas Amazônica e Atlântica, incluindo restingas e planícies costeiras dessa região, e florestas pantanosas nas depressões dos Cerrados (Oliveira e Joly, 2010). É secundária a intermediária tardia, porém, há guanandizais quase puros em condições pioneiras no litoral paranaense (Carvalho, 1996 *apud* Angeli et al., 2006).

A saturação hídrica induz alterações ecofisiológicas em *C. braziliense* devido à redução de O<sub>2</sub> para as raízes (Pimenta et al., 1998). Os mecanismos de adaptação envolvem mudanças morfológicas, anatômicas e fisiológicas. O alagamento ocasiona menor expansão e produção de área foliar nova, reduz a condutância estomática e a taxa fotossintética devido à baixa concentração de clorofilas nas folhas, consumindo mais reservas para formar lenticelas hipertróficas e poucas raízes adventícias (Oliveira e Joly, 2010). A hipertrofia das lenticelas e caules, a formação de aerênquimas e o enraizamento adventício são formas de adaptação de algumas espécies de plantas ao efeito da baixa oxigenação das raízes submersas, permitindo a manutenção da produção energética em níveis mínimos para a sobrevivência vegetal (Pimenta et al., 1998).

Espécies florestais do gênero *Calophyllum* sp. são potenciais recursos florestais em diversas partes do mundo (Redondo-Brenes e Montagini, 2006; Friday e Ogashi, 2011; Holl et al., 2000), atingindo 30 m de altura e diâmetro de tronco de 60 cm, tolerando o alagamento. Porém, apresenta crescimento lento se comparado a outras espécies florestais (Turjaman et al, 2009) e nas condições de solo inundado, é ainda mais lento (Salvador et al., 1992; Devidé et al., 2011). Em Paraibuna, mesma região deste estudo, dois anos e meio após o plantio, *C. braziliense* atingiu 1,20 m de altura nas bordas dos reflorestamentos, percebendo sombreamento parcial em solo úmido a encharcado por período de até quatro meses (Salvador et al., 1992). Em Promissão, SP, o guanandi a pleno sol apresentou desenvolvimento decrescente conforme elevação do lençol freático em um gradiente de umidade, partindo de 2,42 m (solo drenado) a 1,50 m no brejo (Salvador et al., 1992). Nas melhores condições, as falhas representaram apenas 5,0% e no solo inundado, atingiu 25%. O plantio de *C. braziliense* é realizado após a colheita dos frutos da árvore, sendo apreciado por morcegos, que despulpam e dispersam as sementes, germinando entorno de 50 dias.

O emprego de *Calophyllum* spp. em projetos silviculturais foi registrado no estado de São Paulo, em sistemas agroflorestais na Costa Rica (Redondo-Brenes e Montagini, 2006), em ilhas do pacífico (Friday e Okano, 2006; Friday e Ogashi, 2011) e na Amazônia brasileira (Schroth et al., 2002). Mas, até o momento, não se tem muitos registros no Brasil sobre o emprego de FMA em *C. braziliense*.

#### 4. Fungo Micorriza Arbuscular (FMA)

O termo micorriza tem origem grega (myke= fungo e rhiza= raiz), representa a associação simbiótica não patogênica em que ambos organismos se beneficiam (fungo e hospedeiro). Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pertencem ao filo Glomeromicota (Fig. 2), se associam simbioticamente com a rizosfera de várias espécies vegetais por meio de estruturas chamadas micorrizas (Souza & Goi, 2006), com hifas intra e extra-radulares que absorvem minerais do solo e os transferem ao hospedeiro, na rizosfera.

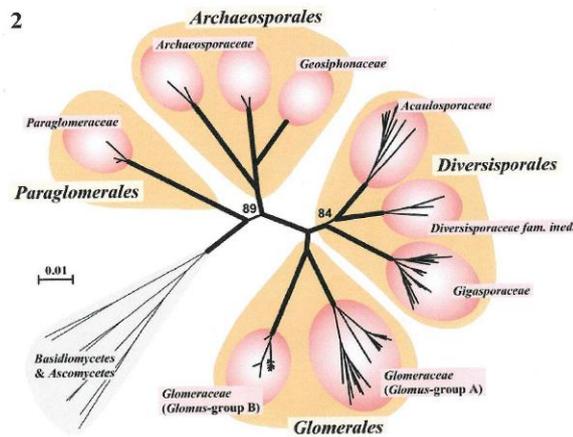


Fig. 2. Estrutura taxonômica do filo Glomeromycota baseado na análise de sequências SSU rRNA (Fonte: Schüßler et al. (2001)).

A associação micorrízica é um importante mecanismo de sobrevivência dos vegetais em ambientes adversos (solos ácidos e pobres em bases trocáveis, regiões secas), como ocorre na maioria da zona tropical e subtropical. FMA solubilizam minerais pouco móveis, como o P, provendo as plantas de quantidades suficientes de nutrientes (Pedersen & Sylvia 1996).

A penetração dos FMAs ocorre no córtex radicular sem danos, formando diferentes estruturas: haustórios, vesículas, hifas, células auxiliares, arbúsculos e esporos (Fig. 3). Os arbúsculos são os principais sítios da simbiose micorrízica, onde ocorrem todas as trocas com o hospedeiro (Berbara, et al., 2006). As famílias *Acaulosporaceae*, *Glomeraceae* e *Pacisporaceae* formam essas estruturas globosas de armazenamento, porém, também atuam na propagação (Declerck et al., 1998, *apud* Rodrigues, 2008).

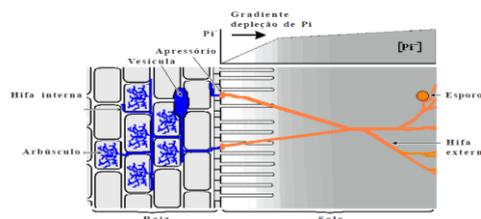


Fig. 3. Estrutura das hifas intra-radulares, arbúsculos e vesículas, e extra-radulares, com hifas ultrapassando a zona de depleção de P inorgânico (Pi), resultando em taxa de absorção de Pi superior a sua taxa de difusão no solo. (Fonte: Berbara et al., 2006).

Diversas pesquisas revelam resultados positivos para a agricultura, florestas e o meio ambiente. São citadas desde o emprego de FMA na produção de mudas (Rocha et al., 2006), o controle de fitomoléstias (doenças de solo, nematóides, metais pesados) para culturas agrícolas, como o café (Siqueira et al., 1998) e a banana (Declerck et al., 1995) e incremento no desenvolvimento de espécies florestais (Rocha et al., 2006) e leguminosas arbóreas (Monteiro, 1990). *Copaiifera langsdorffii*, *Tabebuia serratifolia* e *Cedrella fissilis* apresentaram as maiores taxas de crescimento em substrato com alto nível de  $PO_4^+$  (Saggin-Junior, 1997), sendo o cedro caracterizado como dependente e *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, melhorando o crescimento nos primeiros meses (Rocha et al., 2006).

A endomicorriza é biotrófica obrigatória e forma invaginações no citoplasma das células das raízes, chamadas arbúsculos (compartimento apoplástico), onde os simbiontes estão em íntimo contacto e de onde o FMA retira o carbono. Porém, as hifas dos FMA vão além da zona de depleção das raízes, mantendo relações tróficas com a biota do solo, beneficiando a planta hospedeira podendo funcionar como agente de biocontrole (Fig. 4).

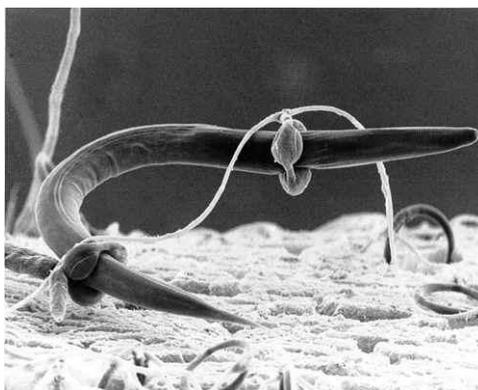


Fig. 4. Anéis do fungo *Arthrobotrys anthonia* (Drechsler, 1954) que inflam capturando e predando nematóides do solo (Fonte: Sivia Goi, disciplina Ecologia da Rizosfera, 2012 in [www.mycobank.org](http://www.mycobank.org)).

A ação do micélio (Souza & Goi, 2006) e da glomalina exudada (Rilling & Mummey, 2006) contribuem para a agregação do solo, induzem a resistência no hospedeiro ao ataque de patógenos, melhoram o crescimento vegetal aumentando a absorção de água e nutrientes sob condições de estresse hídrico (GEMMA et al., 2002), solubilizando minerais pouco solúveis (Moreira & Siqueira, 2006), acumulando mais carbono e biomassa microbiana nos solos (Olsson & Wilhelmsson, 2000), recuperando áreas degradadas ao decompor moléculas orgânicas complexas da serrapilheira, incrementando o teor de N nos solos tropicais (Hodge et al., 2000). O déficit hídrico ou o excesso de água são considerados fatores que afetam a infecção micorrízica. Porém, há exceção para a micorrização no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) sob inundação temporária (Sah et al., 2006).

#### 4.1 FMA em Espécies Florestais

Os FMAs dominam as relações associativas com espécies florestais (Béreau & Garbaye, 1994), são responsáveis pelo aumento da nodulação em leguminosas (Oliveira et al., 1999), absorvendo mais  $\text{NH}_4^+$  translocado via xilema (Moreira & Siqueira, 2006).

##### a. Micorrizas em espécies florestais utilizadas em SAFs com *C. braziliense*

A seleção de espécies florestais para compor os SAFs com *C. braziliense* levou em consideração as restrições da várzea, necessitando de adaptações ecofisiológicas ao solo inundável, que é o ambiente mais restritivo. Para este trabalho, são relacionadas culturas anuais, leguminosas arbóreas e arbustivas e espécies florestais, utilizadas para compor o arranjo em SAFs, em Coruputuba, Pindamonhangaba, SP.

Aroeira-pimenteira – *Schinus terebinthifolius* Raddi. Família Anacardiaceae. Pioneira, heliófita de ampla ocorrência natural (PE ao RS), comum nas restingas do RJ e SP; habita dos terrenos secos e pobres às várzeas úmidas, a mata ciliar e beiras de rio. Tem propriedades medicinais, das sementes têm-se um condimento que é bastante apreciado pela avifauna. O crescimento inicial da aroeira é favorecido pela inoculação de *Glomus etunicatum* (Flores-Aylas et al., 2003).

Boleira – *Joannesia princeps* Vell. Família Euphorbiaceae. Pioneira arbórea com ampla zona de ocorrência (BA ao RJ), perenifólia, heliófita, habita a mata ciliar de rios e córregos. Desenvolve-se rápido e restaura solos de baixa fertilidade natural com elevado aporte de serrapilheira em SAF (Jaramillo-Botero et al., 2008). Apresenta incidência de micorriza arbuscular média (Carneiro et al., 1998).

Cutieira – *Talauma ovata* St.Hil. Família Annonaceae. Perenifólia, heliófita, seletiva higrófito de planícies aluviais de rios e várzeas úmidas. Os mecanismos de tolerância à inundação não são afetados pelo alagamento, embora suas sementes se deteriorem em cinco dias. A ocorrência em

brejos deve-se à hábil exploração de microhabitats drenados (Castan et al., 2007). Nas folhas, produz fitoesteróides, saponinas, alcalóides e taninos com efeito hipoglicêmico (Morato et al., 1989). Apresentou baixa colonização micorrízica e não é dependente (Carneiro et al., 1996).

Ingá-mirim – *Inga sessilis*. Família Leguminosae Mimosoideae. Zona de ocorrência de SP ao RS, comum na beira de rios e planícies aluviais, prefere solos úmidos a brejosos. O habitat natural é a Floresta Atlântica. Os frutos são consumidos pelo homem e apreciados pela fauna silvestre. Apresentou baixa resposta à colonização de FMA (Zangaro, 2002).

Sangra d'água – *Croton urucurana* (Bail.). Família Euphorbiaceae. Pioneira classificada como secundária inicial na sucessão vegetal; em SP, habita diversas fitofisionomias: do Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual às matas ciliares e paludosas (Resolução SMA 08). Em SAF no estado de MG, aportou mais  $Ca^{+2}$  e  $K^{+}$  na serapilheira na época em que o cafeeiro mais demandou esses nutrientes (Jaramillo-Botero et al., 2008). Apresentou de 55 a 77% de colonização micorrízica, porém, com poucos arbúsculos, possivelmente devido à qualidade do substrato inadequada para o experimento (Vandresen et al, 2007).

#### 4.2 FMA em espécies frutíferas em SAFs com o Guanandi

Juçara – *Euterpe edulis* L. Família Arecaceae. Palmeira climácica com estratégia de regeneração agrupada (Lorenzi, 2001), é perenifólia, ombrófila, mesófila ou levemente higrófila. Habita o estrato médio da Floresta Ombrófila Densa do Sul da BA ao norte do litoral do RS, e nas formações Estacional Decidual e Semidecidual (Reis et al, 2000), com melhor adaptação aos solos argilosos. Adapta-se às clareiras da mata primária, colonizando áreas abertas (Nakazono et al., 2001), com incremento inicial de 20-30% de luz solar, sugerindo que se beneficia nos SAFs em função do manejo da poda, regulando a intensidade da sombra. A umidade do solo, também, influencia o desenvolvimento inicial da juçara, sendo a altura e o diâmetro do colo os melhores indicadores, em relação ao número de folhas e segmentos foliares (Nogueira Jr. et al., 2003). O sistema radicular é superficial e concentra-se na zona de maior fertilidade (0-20cm) pelo acúmulo de serapilheira e intenso turnover dos nutrientes. Nativa da Mata Atlântica, está ameaçada de extinção pelo extrativismo do palmito. No presente estudo, da juçara almeja-se a obtenção da polpa dos frutos que, também, são apreciados pela avifauna, constituindo-se na base da cadeia alimentar de muitas espécies ameaçadas de extinção. *E. edulis* está entre as plantas com rizosfera com maior número de esporos de FMA (Trufem, 1990).

Bananeira – *Musa* sp. Família Musaceae. A cv. BRS Conquista utilizada neste experimento pertence ao grupo genômico AAB, subgrupo cultural Conquista, tendo sido obtida de mutação natural em uma população de plantas Thap Maeo, na Embrapa Amazônia Ocidental, em Manaus, AM. Além da resistência à sigatoka-negra, ao mal-do-panamá e à sigatoka-amarela, a cv. atinge a produtividade de 48 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A bananeira apresenta elevado grau de dependência micorrízica, com 55% de colonização no Vale do Rio São Francisco, mesmo em solos com elevados teores de P, destacando as espécies *Acaulospora scrobiculata* e *Glomus mosseae* (Melo et al., 1997).

#### 4.3 FMA em espécies agrícolas utilizadas em SAFs com o Guanandi

Mandioca – *Manihot esculenta* Crantz. Família Euphorbiaceae. A mandioca de mesa é popularmente conhecida por aipim ou macaxeira, contém menos de 100 ppm de HCN na polpa crua das raízes e dentre as culturas hortícolas, é das mais rústicas, apresentando ciclo longo e sem

“picos” de demanda de nutrientes. Adapta-se aos solos de todas as regiões brasileiras fazendo associações com fungos micorrízicos, o que possibilita à mandioca regular a taxa de crescimento, mantendo adequados os níveis de nutrientes nos órgãos e tecidos. Isto faz desta espécie a principal cultura alimentícia, a mais popular no Brasil. Por tudo isso é possível recomendá-la como espécie ‘chave’ para a transição agroecológica de unidades convencionais em orgânicas (Devide e Castro, 2010).

No Vale do Paraíba, os plantios são realizados em terraços fluviais, por não tolerar o solo encharcado. Neste estudo, a mandioca cv. IAC 06-01 foi escolhida para compor o primeiro ciclo da conversão agroflorestal com *C. braziliense*, no terraço. Apresenta cerca de 1.400 ppm de vitamina A em 100g de polpa crua (amarela), tendo sido obtida no Programa de Melhoramento Genético de Mandioca do IAC – Instituto Agrônomo de Campinas.

A mandioca é muito dependente por FMA, apresentando 61% de colonização radicular sob pré-cultivo de guandu, em Seropédica, RJ (Souza et al., 1999).

#### 4.4 FMA em adubos verdes utilizados em SAFs com Guanandi

Guandu – *Cajanus cajan* (L.) Mills. Família Leguminosae Faboideae. Introduzida no Brasil por escravos africanos, tolera a seca e é eficiente na FBN, fazendo associação natural com bactérias do gênero *Rhizobium*. Prefere solos bem drenados e profundos sendo empregado na recuperação florestal em consórcio com arbóreas para redução da mortalidade de espécies pioneiras (aumento da área basal e altura de todas as espécies) (Beltrame & Rodrigues, 2007). Foi empregada no SAF com *C. braziliense* no terraço, para colheita de grãos e aporte de fitomassa (N). Apresentou 51% de colonização nas condições de Seropédica, RJ (Souza et al., 1999).

Sesbânia – *Sesbania virgata* (Cav.) Pres. Família Leguminosae Faboideae. Pioneira, ocorre em áreas ciliares e brejos no estado de SP. Tem amplo potencial de regeneração de solos degradados por extração mineral (Coutinho et al., 2006). Forma associação simbiótica com rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares que ajudam na solubilização e absorção de nutrientes. *Sesbania grandiflora* tem dependência micorrízica por *G. fasciculatum* (Habte & Aziz, 1985).

Paquinha - *Aeschynomene* sp. Família Leguminosae Faboideae. Pioneira, ciclo anual, porte ereto (3-4m de altura), área foliar esparsa, infestante de arroz cultivado sob inundação. Muitas leguminosas do gênero são nodulantes por bactérias que realizam a fotossíntese no caule, como o *Bradyrhizobium* (Giraud et al., 2000). Em *Aeschynomene fluminensis*, há interação da bactéria com *Glomus occultum*, resultando na porcentagem de raízes colonizadas superior ao controle sem FMA, com incremento em altura, diâmetro à altura do colo, peso da matéria seca de parte aérea e raízes, volume de raízes e número de nódulos superior, caracterizando a dependência micorrízica (Loureiro & Silva, 1993). *Aeschynomene paniculata* é colonizada por FMA e fungos endofíticos do tipo Dark Septate, que é outro tipo de associação sibiótica modulada pela baixa umidade e comprimento do dia (Detmann, 2007).

#### 4.5 FMA em *Calophyllum* sp.

Numerosos estudos sobre FMA na região de florestas tropicais úmidas indicam a dominância desses fungos associados às espécies florestais (Béreau & Garbaye, 1994). A alta porcentagem de colonização micorrízica foi relatada no México (Guadarrama & Álvarez-Sánchez, 1999), com 40% de colonização em essências florestais, e no Brunei (Moyersoen et al., 2001).

Na Ásia, durante os últimos 20 anos, a taxa de reflorestamento aumentou em diversas regiões, ao mesmo tempo em que a destruição pela exploração florestal predatória se acentuou, por

meio do corte ilegal da madeira, expansão das terras agrícolas e da mineração, impactando as formações florestais (Fig. 5).



Fig.5. Corte da floresta tropical úmida na Indonésia (Fonte: Turjaman et al., sem data).

A floresta tropical úmida abrange extensas áreas do Sudeste da Ásia, que são importantes como refúgio da vida selvagem, biorecursos e fixadora de carbono. Setenta e sete por cento das espécies florestais de áreas inundáveis na Indonésia apresentam colonização micorrízica (22 *seedlings* de espécies florestais de 14 famílias crescendo sob condições naturais em floresta tropical inundável), na região Central Kalimantan. Colorindo as raízes com anilina azul [0.05%], identificou-se arbúsculos, vesículas e hifas internas em microscópio (Tawaraya et al., 2003). Desessete de 22 espécies estudadas apresentaram colonização por FMA, dentre as quais, da família Clusiaceae (Guttifera): *C. sclerophyllum*, *C. soulattri* (Ga FMA) e *Cratoxylum arborescens*, além de *Hevea brasiliensis* (Euphorbiaceae) e *Camposperma auriculatum* (Anacardiaceae). *C. soulattri*, *C. arborescens*, *G. bancanus*, *Acacia mangium*, *M. melabathricum* e *H. brasiliensis* apresentaram uma percentagem de colonização superior a 50%, sugerindo que a inoculação de FMA pode promover condições mais favoráveis para a instalação e o crescimento das plantas na fase inicial, devendo ser preconizada como tecnologia para reabilitar terras inundáveis degradadas (Tawaraya et al., 2003).

Dentre as espécies de *Calophyllum* spp. descritas na Malásia, a mais importante pela qualidade da madeira é *Calophyllum inophyllum*. Porém, plantações comerciais ainda são raras, apesar do potencial de cultivo. A conversão da floresta primária em agricultura tem levado à perda de nutrientes do solo e a ação das micorrizas pode ajudar no sucesso dos reflorestamentos, reduzindo o aporte de insumos para a fertilização. O número de esporos obtidos na floresta replantada foi seis vezes maior do que o registrado na floresta nativa sem corte, com maior biodiversidade encontrada na floresta replantada, com dominância das espécies *Glomus*, sugerindo que práticas de exploração de madeira influenciam a abundância e a atividade de FMA (Ong et al., 2012).

Os resultados de micorrização no gênero *Calophyllum* são consistentes com os relatos de (Tawaraya et al., 2003), em Kalimantan, na Indonésia e Moyersoen et al. (2001), com *C. ferrugineum* em Darussalam, Brunei. Mas são estudos de difícil realização, porque os *seedlings* ficam submersos, dificultando o monitoramento *in situ* e a amostragem, bem como são raros os estudos em vasos sob condições controladas. A sobrevivência no campo é vital para o sucesso do reflorestamento e após seis meses, constatou-se a presença de FMA em 100% das plantas de *Ochroma pyramidale* (97%) e 52% em *Lucea seemannii* (Kiers et al., 2000). Geralmente, 120% de *seedlings* são necessários para o reflorestamento ao passo que os estudos tem demonstrado que sem a inoculação com FMA a taxa de perdas demanda o plantio adensado ou a reposição frequente.

Na Indonésia, a ocorrência de fungos ectomicorrízicos (ECM) e micorrízicos arbusculares (FMA) foi pesquisada sob condições de campo e laboratório, incluindo diversas espécies florestais (Turjaman et al., 2009), dentre elas, *Calophyllum* spp. Os FMA promovem o desenvolvimento das plantas. O emprego na restauração florestal pode abranger inúmeras espécies florestais (Turjaman et al., 2008). Dentre as nativas adaptadas ao solo inundável, ácido (pH < 4,0), com alto teor de C-org (>400 g dm<sup>-3</sup>) e P trocável, e inferiores a 10 mg dm<sup>-3</sup> de Al solúvel, na Indonésia, o crescimento, conteúdo de nutrientes e a taxa de sobrevivência nas famílias Clusiaceae (Guttiferae), Apocynaceae, Thymelaeaceae e Dipterocarpaceae, foram incrementados pela inoculação de FMA, produzindo *seedlings* vigorosos de espécies de valor econômico e ecológico, importantes em programas de reflorestamento em zonas alagáveis sob substrato turfoso.

Os FMA, *G. aggregatum* e *G. clarum*, aumentam o crescimento inicial e a nutrição de P em *Calophyllum hosei* (Turjaman et al., 2008). *C. hosei* atingiu 18 e 19% de micorrização, respectivamente, para *Glomus clarum* e *G. aggregatum*, com incremento na parte aérea, diâmetro basal, número de folhas, massa seca da parte aérea e raízes (Fig. 6), além do aumento do conteúdo de P na parte aérea, elevando a sobrevivência de plantas de 67% (controle) para 100% (FMA), até os seis meses de idade, em casa de vegetação (Turjaman et al., 2008). Esses autores sugerem que a inoculação contribui para reabilitar a floresta em zonas ripárias no ambiente tropical e que a espécie *C. hosei* é dependente de micorrização.



Fig. 6. Crescimento de espécies da família Clusiaceae: *Ploiarium alternifolium* e *Calophyllum hosei*, submetidos ao controle e com micorrização: *Glomus clarum* e *G. aggregatum*, respectivamente (Fonte: Turjaman et al., 2008).

A colonização de FMA em árvores nativas do gênero *Calophyllum* spp. em terras baixas da floresta tropical úmida, em Singapura, já havia sido citada por Burslem et al. (1995). A extensão da colonização de FMA em raízes de *C. rosei* foi comparável aos relatos de Tawaraya et al. (2003), quando descreveram a frequência de colonização de FMA em *Calophyllum sclerophyllum* e *Calophyllum soulattri* (18 e 60%, respectivamente), ambas de ambientes similares.

No Brasil, a micorrização em Jacareúba - *Calophyllum angulare*, foi investigada pela importância comercial e ecológica dessa espécie, adaptada aos solos ácidos de baixa fertilidade natural da região Amazônica e por sua madeira ser um importante recurso florestal. Apresentou 39% de colonização micorrízica, com maiores teores de Zn e Cu nos tecidos vegetais e alta correlação positiva entre a infecção e os teores desses nutrientes na planta e no solo. A infecção de FMA aumentou a absorção de micronutrientes sem que isto fosse modulado por variações químicas e física (textura) do solo, o que é muito importante, porque os FMA melhoram a nutrição das plantas independente do ambiente (Oliveira et al. 1999).

Na Costa Rica, após dois anos do plantio de *seedlings* de *C. braziliense* situados na projeção das copas de diversas espécies florestais remanescentes em pastagens, observou-se significativo incremento no desenvolvimento, comparado ao plantio na pastagem aberta, sem árvores e sob o dossel da vegetação, na floresta clímax (Figs. 7 e 8). O aporte de serapilheira foi 20 vezes superior ao tratamento pastagem aberta, com significativa infecção micorrízica sob a copa das árvores remanescentes em pastagem (Tab. 1). A insolação moderada foi superior àquela percebida na floresta clímax (alta densidade florestal = muita sombra) e inferior à pastagem aberta (alta radiação luminosa = fotoinibição), explicam a superioridade de *C. braziliense* sob a copa de árvores remanescentes em pastagem (Holl et al. , 2000).

Tab.1. Percentagem de infecção em *C. braziliense* sob pastagem (Open pasture), copa das árvores remanescentes na pastagem (Under tree) e sob dossel florestal (Forest) (Holl et al., 2000).

Species	Percent Infection	
	C. brasiliense	S. portoricense
Open pasture	42.6 ± 2.4 <sup>a</sup>	20.3 ± 9.3 <sup>a</sup>
Under tree	62.4 ± 4.8 <sup>b</sup>	36.8 ± 10.0 <sup>a</sup>
Forest	30.4 ± 6.9 <sup>a</sup>	26.0 ± 5.1 <sup>a</sup>

Note: Means with the same letter are not significantly different across habitat

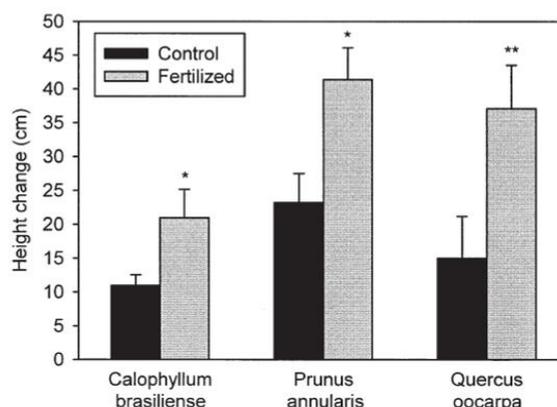


Fig. 7. Incremento de peso de *seedlings* com fertilização (50 g de 10:30:10 N:P:K) e sem fertilização (*C. brasiliense*, *Prunus annularis* e *Quercus oocarpa*). N= 18 para cada espécie e tratamento de fertilização (Fonte: Holl et al., 2000).

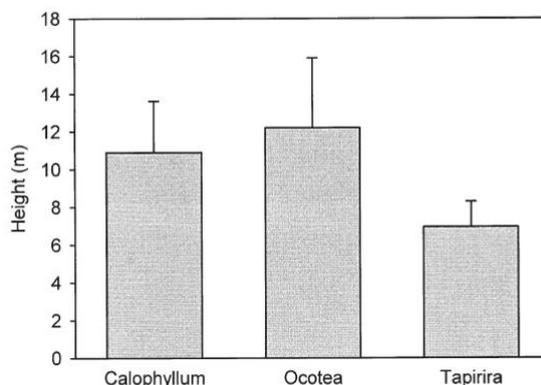


Figura 8. Pesos de três espécies florestais nativas (*C. brasiliense*, *Ocotea glaucosericea*, e *Tapirira mexicana*) aos sete anos após o plantio em pastagem abandonada. N=50 para cada espécie (Fonte: Holl et al., 2000).

Na Índia, Lakshman et al. (2001) estudaram o percentual de micorrização de diversas espécies florestais em sistemas agroflorestais, incluindo *Calophyllum tomentosum*, que apresentou 46% de micorrização (114 esporos por 100 g solo ±102), oito anos após o plantio. A micorrização de espécies florestais tropicais reduz o aporte de nutrientes químicos requeridos para a produção de mudas e para o plantio em áreas degradadas, com um custo mais baixo que o convencional sem micorrização (Siqueira et al., 1998). Como alternativa, a cultura de tecido está sendo proposta para a formação de clones florestais, inclusive de *Calophyllum* spp. Porém, o método demanda pesquisas refinadas para definição de protocolos específicos para cada espécie, laboratórios equipados e mão-de-obra especializada. Apesar de *C. hosei* poder ser propagado por cultura de tecido, Nair & Seeni (2003) alertam que os *seedlings* de *Calophyllum apetalum* multiplicados por cultura de tecidos apresentaram crescimento mais lento de raízes, encarecendo a formação das mudas.

## 5.Considerações Finais

Diversas espécies do gênero *Calophyllum* spp. demonstram dependência por FMA, incluindo *C. braziliense*.

A inoculação de FMA é recomendável para o *C. braziliense* e outras espécies utilizadas nos SAFs, adaptadas ao solos de várzea e terraço fluvial.

O emprego de FMA desde a formação das mudas pode melhorar o desenvolvimento das espécies florestais e a produtividade das culturas agrícolas no campo em sistema agroflorestal.

Os Sistemas Agroflorestais, por consorciar diferentes espécies altamente dependestes em FMA, podem se tornar um dos melhores modelos de produção sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M.H.; SOUZA, C.F.; VARALHO, A.C.T.; PERES, J.G. Impactos na produção do arroz inundado na qualidade da água do rio Paraíba do Sul – trecho Taubaté, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, v.5, n.1, 2010. doi:10.4136/ambi-agua.124
- ANGELI, A.; BARRICHELO, L. E. G.; MÜLLER, P. H. *Calophyllum braziliense* (Guanandi). Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, IPEF. <http://www.ipef.br/identificacao/calophyllum.braziliense.asp>
- BELTRAME, T. P.; RODRIGUES, E. Feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração de florestas tropicais. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 28, n. 1, p. 19-28, jan./mar. 2007. <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2544/2180>
- BERBARA, R.L.L.; SOUZA, F.A.; FONSECA, H.M.A.C. *III- Fungos Micorrízicos Arbusculares: Muito além da Nutrição*. SBCS, Voçosa, 2006. Nutrição Mineral de Plantas, 432p. Ed.: Fernandes, M.S.).
- BÉREAUM, & GARBYE, J. First observations on the root morphology and symbioses of 21 major tree species in the primary tropical rain forest of French Guyana. *Ann. For. Sci.* 51 (4) 407-416 (1994). DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/forest:19940406>
- BURSLEM, D.F.R.P.; GRUBB, P.J.; TURNER, I.M. Responses to nutrient addition among shade-tolerant tree seedlings of lowland tropical rain forest in Singapore. *The Journal of Ecology*, Danvers, v.83, n.1, p.113-122, Feb. 1995.
- CALDEIRA, P. Y. C. *Sistemas agroflorestais em espaços protegidos* [recurso eletrônico] / CALDEIRA, P. Y. C.; CHAVES, R. B. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. 1.ed atual.. 2ª reimpr. São Paulo : SMA, 2011.36 p. [http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/SAF\\_Digital\\_2011.pdf](http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/SAF_Digital_2011.pdf)
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, D. de; BOTELHO, S. A.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no Sudeste do Brasil. *Cerne*, Lavras, v. 4, n. 1, p. 129-144, 1998.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A.C.; GOMES, L.J.; CURI, N.; VALE, F.R. do. Fungo Micorrízico e Superfosfato no Crescimento de Espécies Arbóreas Tropicais. *Scientia Florestalis*, n. 5, p. 21-36, 1996.
- CASTAN; G. S.; GUIMARÃES, C. C.; GUIMARÃES, D. M.; BARBOSA, J. M. Sobrevivência de sementes de *Talauma ovata* St. Hill. (Magnoliaceae) quando submetida à condição de submersão em água. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 822-824, jul. 2007. <http://www6.ufgrs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/viewPDFInterstitial/690/581>
- CASTRO, A. P.; FRAXE, T. de J. P.; SANTIAGO, J. L.; MATOS, R. B.; PINTO, I. C. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. *Acta Amaz.* [online]. 2009, vol.39, n.2, pp. 279-288. ISSN 0044-5967. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000200006>.
- COUTINHO, M.; CARNEIRO, J.; BARROSO, D.; RODRIGUES, L.; FIGUEIREDO, F.; MENDONÇA, A. de; NOVAES, A. Crescimento de mudas de Sesbaia virgata (Cav.) Pers. Plantadas em uma área degradada por extração de argila. *Floresta, América do Norte*, 35, 2006. <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/4608/3576>. Acesso em: 16 Jul. 2012.
- DECLERK, S.; PLENCHETTE, C.; STRULLU, D.G. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. *Plant and Soil*. 176: 183-187, 1995. <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FBF00017688>
- DETMANN, K.daS.C. Fungos Micorrízicos Arbusculares e Endofíticos do tipo Dark Septate em Plantas Nativas do Cerrado. UFV, Viçosa, 2007. 46p. (Dissertação de Mestrado)
- DEVIDE, A.C.P.; CASTRO, C.M.de. *Mandioca: múltiplos usos na transição agroecológica*. Pesquisa & Tecnologia, vol. 7, n. 23, setembro de 2010. [http://www.apta regional.sp.gov.br/index.php/component/docman/doc\\_view/778-mandioca-multiplos-usos-na-transicao-agroecologica?Itemid=275](http://www.apta regional.sp.gov.br/index.php/component/docman/doc_view/778-mandioca-multiplos-usos-na-transicao-agroecologica?Itemid=275)

- DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M. de; PEREIRA, M. G.; RIBEIRO, R. de L. D.; ABOUD, A. C. de S.; ASSUMPÇÃO, P. A. de; MAGALHÃES, P. M. de. Desenvolvimento do Guanandi (*Calophyllum braziliense*) em dois ambientes visando à conversão agroflorestal. *Anais... VIII CBSAF, Belém, PA : SBSAF : Embrapa Amazônia Oriental : UFRA : CEPLAC : EMATER : ICRAF, 2011. 7pg.*
- DUBOIS, Jean C.L. (org.)-*Manual Agroflorestal para a Amazônia*. Rio de Janeiro, REBRAP / Fundação Ford, 2ª ed 1998, 228 pg.
- FLORES-AYLAS, W.W.; SAGGIN-JUNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 38, n. 2, 2003. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2003000200013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2003000200013&lng=en&nrm=iso)>. access on 12dec. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000200013>.
- FRIDAY, J. B.; OKANO, D. *Calophyllum inophyllum* (kamani). In Elevitch, C. R. (ed.). *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry*. Permanent Agriculture Resources (PAR), ver. 2.1, 17p. 2006. Hōlualoa, Hawai'i. <http://agroforestry.net/tti/Calophyllum-kamani.pdf>
- GASPAROTTO JR., A.; BRENZAN, M. A.; PILOTO, I. C.; CORTEZ, D. A. G.; NAKAMURA, C. V.; DIAS, FILHO, B. P.; RODRIGUES FILHO, E.; FERREIRA, A. G. Estudo fitoquímico e avaliação da atividade moluscicida do *Calophyllum brasiliense* Camb (Clusiaceae). *Quím. Nova* [online]. 2005, vol.28, n.4, pp. 575-578. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422005000400003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000400003)
- GEMMA, J.N.; KOSKE, R.E.; HABTE, M. Mycorrhizal dependency of some endemic and endangered Hawaiian plant species. *American Journal of Botany*, 89(2): 337-345. 2002. <http://www.amjbot.org/content/89/2/337.full.pdf+html>
- GIRAUD, E.; HANNIBAL, L.; FARDOUX, J.; VERMÉGLIO, A.; DREYFUS, B. Effect of *Bradyrhizobium* photosynthesis on stem nodulation of *Aeschynomene sensitive*. *Plant Biology*, 19; 97(26): 14795-14800, 2000. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC18998/>
- GÖTSH, E. *Break-trough in Agricultures*. AS-PTA, Rio de Janeiro. 1995. 18p.
- HABTE, M.; AZIZ, T. Response of *Sesbania grandiflora* to Inoculation of Soil with Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungit. *Applied and Environmental Microbiology*, p. 701-703, 1985. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC238694/pdf/aem00144-0157.pdf>
- HODGE, A.; STEWART, J.; ROBINSON, D.; GRIFFITHS, B.S.; FITTER, A.H. Competition between roots and soil micro-organisms for nutrients from nitrogen-rich patches of varying complexity. *Journal of Ecology*, 88, 150-164, 2000. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2745.2000.00434.x/pdf>
- HOLL, K.D.; LOIK, M.E.; LIN, E.H.V.; SAMUELS, I.A. Tropical Montane Forest Restoration in Costa Rica: Overcoming Barriers to Dispersal and Establishment. *Restoration Ecology*, v. 8, n. 4, 339-349, 2000.
- IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. Aspectos ecológicos de um trecho de floresta de brejo em Itatinga, SP: florística, fitossociologia e seletividade de espécies. *Rev. bras. Bot.*, São Paulo, v. 20, n. 2, 1997. <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-84041997000200005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84041997000200005&lng=en&nrm=iso)>.
- JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R. H. S.; FARDIM, M. P.; PONTES, T. M. SARMIENTO, F. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. *Rev. Árvore* [online]. vol.32, n.5, pp. 869-877, 2008. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622008000500012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622008000500012&script=sci_arttext)
- JUNIOR, A. G.; FERREIRA, I. C. P.; NAKAMURA, C. V.; FILHO, B. P. D.; JACOMASSI, E.; YOUNG, M. C. M.; CORTEZ, D. A. G. Estudo morfo-anatômico das folhas e caule da *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma contribuição ao estudo farmacognóstico da droga vegetal. *Acta Farm. Bonaerense*, 24 (3): 371-6, 2005.
- KAWAGUCHI, C. B.; KAGEYAMA, P. Y. Diversidade genética de três grupos de indivíduos (adultos, jovens e plântulas) de *Calophyllum brasiliense* Camb. em uma população de mata de galeria. *Scientia florestalis*, n. 59, p. 131-143, 2001. <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr59/cap10.pdf>

- KIERS, E.T; LOVELOCK, C.T.; KRUEGER, E.L.; HERRE, E. Differential effects of tropical arbuscular mycorrhizal fungal inocula on root colonization and tree seedling growth: implications for tropical forest diversity. *Ecology Letters*, v. 3, n.2: 106–113, 2000.
- LAKSHMAN, H.C.; RAJANNA, L.; INCHAL, R.F.; MULLA, F.I.; SRINIVASULU, Y. Survey of VA - mycorrhizae in agroforestry and its implications on forest trees. *Tropical Ecology*, 42(2): 283-286, 2001.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Inst. Plantarum, Nova Odessa, 3ed., v.1, 231p., 2000.
- LOUREIRO, M. de F.; SILVA, E.M.R da. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e *Bradyrhizobium* sp. em *Aeschynomene fluminenses*. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1993. *Resumos...* Goiânia: SBCS, 1993. v.1, p.333-334.
- MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em floresta higrofila do sudeste do Brasil. *Revta brasil. Bot.*, São Paulo, V.23, n.1, p.107-112, mar. 2000. <http://www.scielo.br/pdf/rbb/v23n1/v23n1a12.pdf>
- MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. *Acta bot. bras.* 14(1): 113-120.2000. <http://www.scielo.br/pdf/abb/v14n1/v14n1a10.pdf>
- MOÇO, M. K. da S.; da GAMA-RODRIGUES, E. F.; da GAMA-RODRIGUES, A. C.; MACHADO, R. C. R.; BALIGAR, V. C. Soil and litter fauna of cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. *Agroforest Syst.* 76 : 127–138, 2009. <http://naldc.nal.usda.gov/download/32446/PDF>
- MELO, A.M.Y. de; MAIA, L.C.; MORGADO, L.B. Fungos micorrízicos arbusculares em bananeiras cultivadas no Vale do Submédio São Francisco. *Acta Bot. Bras.*, Feira de Santana, v. 11, n. 2, 1997. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33061997000200003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33061997000200003&lng=en&nrm=iso)>. access on 12 Dec. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33061997000200003>.
- MONTEIRO, E.M. Resposta de elegenduminosas arbóreas a inoculantes com rizóbio e fungos vesículo-arbusculares em solo ácido. UFRRJ, 221p. 1990. (Tese de Doutorado).
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2006. 729p.
- MOYERSON, B.; BECKER, P.; ALEXANDER, I.J. Are ectomycorrhizas more abundant than arbuscular mycorrhizas in tropical heath forests? *New Phytologist*, 150, 591–599. 2001. <http://onlinelibrary.wiley.com/>
- NAIR, L.G.; SEENI, S. In vitro multiplication of *Calophyllum apetalum* (Clusiaceae), an endemic medicinal tree of the Western Ghats. *Plant Cell Tissue Organ Cult*, 75:169–174, 2003.
- NAKAZONO, E. M.; COSTA, M. C. da; FUTATSUGI, K.; PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. *Rev. bras. Bot.* [online]. 2001, vol.24, n.2, pp. 173-179. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042001000200007>.
- NOGUEIRA JUNIOR, L.R.; FISCH, S.T.V.; BALLESTERO, D.S. Influência da umidade do solo no desenvolvimento inicial de plantas do palmitero *Euterpe edulis* Mart. em floresta nativa. *Rev. biociênc.*, Taubaté, v.9, n.1, p.7-13, 2003. <http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/biociencias/article/viewFile/90/66>
- OLIVEIRA, V. C. de; JOLY, C. A. Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth responses. *Trees*, v.24, 185-193. 2010. DOI 10.1007/s00468-009-0392-2.
- OLIVEIRA, L.A. de; GUITTON, T.L.; MOREIRA, F.W. Relações entre as colonizações por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes foliares em oito espécies florestais da Amazônia. *Acta Amazonica*, 29(2): 183-193, 1999.
- OLSSON, P.A.; WILHELMSSON, P. The growth of external AM fungal mycelium in sand dunes and in experimental systems. *Plant and Soil*. 226:161-169, 2000.
- ONG, K.H.; CHUBO, J.K.; KING, J.H.; LEE, J.S.; SU, D.S.A.; SIPEN, P. Faculty of Agricultural and Food Sciences,

- PEDERSEN, C.T.; SYLVIA, D.M. 1996. Mycorrhiza: ecological implications of plant interactions. In: Mukerjji KG (ed). *Concepts in mycorrhizal research*. Netherlands: Kluwer Acad Publ. Smith SE, Read DJ. 2008. Mycorrhizal symbiosis. 3rd edition. New York: Acad Pr.
- PENEIREIRO, F. M. *Sistemas Agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso*. ESALQ, Piracicaba, 1999. 138p. Dissertação de mestrado.
- PENEIREIRO, F. M. *Agroflorestas sucessionais: princípios para implantação e manejo*. (Texto elaborado para contribuir com um capítulo no Manual Agroflorestal da Mata Atlântica – no prelo). Revisão: Mutirão Agroflorestal. novembro/2007. 14p.  
[http://tctp.cpatu.embrapa.br/bibliografia/1\\_Principios%20da%20agrofloresta.pdf](http://tctp.cpatu.embrapa.br/bibliografia/1_Principios%20da%20agrofloresta.pdf)
- PIMENTA, J. A.; BIANCHINI, E.; MEDRI, M. E. Adaptations to flooding by tropical trees: morphological and anatomical modifications. In *Scarano, F.R. Franco, A.C. (eds.). Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics*. Series Oecologia Brasiliensis, vol. IV. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brazil, p. 157-176, 1998.
- REDONDO-BRENES, A.; MONTAGINI, A. Growth, productivity, aboveground biomass, and carbon sequestration of pure and mixed native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, v. 232 : 168-178, 2006.
- REIS, M. S. dos; FANTTINI; A. C., NODARI, R. O.; REIS, A.; GUERRA, M. P.; MANTOVANI, A. (2000), Management and Conservation of Natural Populations in Atlantic Rain Forest: The Case Study of Palm Heart (*Euterpe edulis* Martius). *Biotropica*, 32: 894–902. doi:10.1111/j.1744-7429.2000.tb00627.x
- RILLING, M.; MUMMEY, D.L. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytol.* 171: 41-53, 2006. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16771981>
- ROCHA, F.S.; SAGGIN JUNIOR, O.J.; SILVA, E.M.R. Da; LIMA, W.L. de. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. *Pesq. agropec. Bras.* [online]. 2006, vol.41, n.1 [cited 2012-12-15], pp. 77-84 . Available from: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2006000100011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2006000100011&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 0100-204X. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000100011>.
- RODRIGUES, G.R. *Análise do crescimento de espécies vegetais usadas na Revegetação em áreas de Restinga – RJ*. UFRRJ, 71f. 2008. (Dissertação mestrado).
- ROCHA, C. T. V.; CARVALHO, D. A. de; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA FILHO, A. T. de; VAN DEN BERG, E.; MARQUES, J. J. G. S. M. Comunidade arbórea de um *continuum* entre floresta paludosa e de encosta em Coqueiral, Minas Gerais, Brasil. *Rev. bras. Bot.*[online]. vol.28, n.2, pp. 203-218, 2005. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-84042005000200002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-84042005000200002&script=sci_arttext)
- SAGGIN- JUNIOR, O.J. *Micorrizas Arbusculares em mudas de espécies arbóreas do sudeste brasileiro*. Lavras: UFLA, 1997. 120 p. (Tese – Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SAH, S.; REED, S.; JAYACHANDRAN, K.; DUNN, C.; FISHER, J.B. The Effect of Repeated Short-term Flooding on Mycorrhizal Survival in Snap Bean Roots. *Hortscience*, 41(3):598-602, 2006. <http://naldc.nal.usda.gov/download/18120/PDF>
- SALVADOR, J. do L. G.; OLIVEIRA, S. B. de; OLIVEIRA, D. B. de; SILVA, J. R. Comportamento do guanandi (*Calophyllum brasiliensis* Camb.) em solos úmidos, periodicamente inundáveis e brejosos. In *Barrichelo, L. E. G.; Lima, W. P.; Poggiani, M. M. (eds.). Recomposição da vegetação com espécies arbórea nativas em reservatório de usinas hidrelétricas da CESP. Série Técnica IPEF*, Piracicaba, 8(25): 1-43, Set.1992. <http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr25/cap01.pdf>
- SARTORI N. T., CANAPELLE D., de SOUSA P. T. Jr., Martins DT. Gastroprotective effect from *Calophyllum brasiliense* Camb. bark on experimental gastric lesions in rats and mice. *J Ethnopharmacol.* Nov 1;67 (2) : 149-56, 1999. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10619378>

- SCHROTH, G.; D'ANGELO, S. A.; TEIXEIRA, W. G.; HAAG, D.; LIEBEREI, R. Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. *Forest Ecol Manag*, 163 : 131 – 150, 2002. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112701005370>
- SEN, S; CHAKRABORTY, R de B.; MAZUMDER, J. Plants and phytochemicals for peptic ulcer: An overview. *Phcog Rev* [serial online] 2009 [cited 2012 Jul 15];3:270-9. <http://www.phcogrev.com/text.asp?2009/3/6/270/59527>
- SILVA, K. L; SANTOS, A. R. S.; MATTOS, P. E. O; YUNES, R. A; DELLE-MONACHE, F.; CECHINEL FILHO, V. Chemical composition and analgesic activity of *Calophyllum brasiliense*. *Therapie*, v.56, n.4, p.431-434, 2001. <http://ukpmc.ac.uk/abstract/MED/11677868/reload=0;jsessionid=zY7svDfLoz7gTiaY5kgs.0>
- SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN-JUNIOR, O.J.; FLORES-AYLAS, W.W; GUIMARÃES, P.T.G. Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. *Mycorrhiza* 7, 293–300, 1998. <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs005720050195>
- SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C.; CURI, N.; ROSADO, S.C.S.; DAVIDE, A.C. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to sucessional groups in Southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*, v.107, p.241-252, 1998.
- SOUZA, A. M. de; CARVALHO, D. de; VIEIRA, F. de A.; NASCIMENTO, L. H. do; LIMA, D. C. de. Estrutura genética de populações naturais de *Calophyllum brasiliense* Camb. na bacia do Alto Rio Grande. *Cerne*, Lavras, v. 13, n. 3, p. 239-247, 2007. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/744/74413301.pdf>
- SOUZA, F.A. de et al . Efeito de pré-cultivos sobre o potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares e produção da mandioca. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 34, n. 10, 1999. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X1999001000019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X1999001000019&lng=en&nrm=iso)>. access on 12 Dec. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999001000019>.
- SOUZA, F.A. de; GOI, S.R. Diversidade de microrganismos do solo. *Revista Floresta e Ambiente*, v.13, n.2, p.46-65, 2006. <http://www.floram.org/files/v13n2/v13n2a5.pdf>
- SCHÜBLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research*, 105, pp 1413-1421. 2001. doi:10.1017/S0953756201005196.
- TAVARES, A. C.; SILVA, A. C. F. Urbanização, chuvas de verão me inundações: uma análise episódica. *Climatologia e Estudos da Paisagem*. Rio Claro. v. 3, n. 1, 4-18, 2008. <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/1223/1552>
- TAWARAYA, K.; TAKAYA, Y.; TURJAMAN, M.; TUAH, S.J.; LIMIN, S.H.; TAMAI, Y.; CHA, J.Y; WAGATSUMA, T.; OSAKI, M. Arbuscular mycorrhizal colonization of tree species grown in peat swamp forests of Central Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 182: 381–386, 2003.
- TONIATO, M. T. Z.; LEITAO FILHO, H. DE F.; RODRIGUES, R. R.. Fitossociologia de um remanescente de floresta higrófila (mata de brejo) em Campinas, SP. *Rev. bras. Bot.*, São Paulo, v. 21, n. 2, 1998. <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-84041998000200012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84041998000200012&lng=en&nrm=iso)>
- TORRES, R. B.; MATTHES, L. A. F.; RODRIGUES, R. R. Florística e estrutura do componente arbóreo de mata de brejo em Campinas, SP. *Rev. Bras. Bot.*, v. 21 : 197-210, 1994.
- TORRES, R. B.; MATTHES, L. A. F.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. Espécies florestais nativas para plantio em áreas de brejo. *O Agrônomo*, v. 44 (1, 2, 3), 1992.
- TRUFEM, S.F.B Aspectos Ecológicos de Fungos Micorrízicos Vesículo-Arbusculares da Mata Tropical Úmida da Ilha do Cardoso, SP, BR. *Acta bot bras*. 4(2): 1990.
- TURJAMN, M.; TAMAI, Y.; SITEPU, I.R.; SANTOSO, E.; OSAKI, R.;TAWARAYA, K. Improvement of early growth of two tropical peat-swamp forest tree species *Ploiarium alternifolium* and *Calophyllum hosei* by two arbuscular mycorrhizal fungi under greenhouse conditions. *New Forests* (2008) 36:1–12. DOI 10.1007/s11056-008-9084-9

TURJAMAN, M.; SANTOSO, E.; SITEPU I.R.; TAEARAYA, K.; PURNOMO, E.; TAMBUNAN, R.; OSAKI, M. Mycorrizal Fungi Increased Early Growth of Tropical Tree Seedlings in Adverse Soil. *Journal of Forestry Research*, v. 6, n. 1: 17-25, 2009.

VANDRESEN, J.; NISHIDATE, F.R.; TOREZAN, J.M.D.; ZANGARO, W. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós-transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil. *Acta bot. bras.*, 21(4): 753-765, 2007.

ZANGARO, W; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B.; NAKANO, E.M. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. *Cerne*, 8:77-87, 2002.

