



# ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA COMO UMA ESTRATÉGIA PARA O ESTABELECIMENTO DE ESPÉCIES EM ÁREAS IMPACTADAS

## MYCORRHIZAL ASSOCIATION AS A STRATEGY FOR THE ESTABLISHMENT OF SPECIES IN IMPACTED SURFACE

Liliane Garcia da Silva Morais RODRIGUES<sup>1\*</sup>, Silvia Regina GOI<sup>2</sup> e Fernando Morais RODRIGUES<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda pela Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais (PPGCAF) na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ e Professora do Instituto Federal do Tocantins-IFTO. AC Universidade Rural, BR 465, Km 07, Caixa Postal: 74515, Seropédica- RJ, Brasil. CEP: 23.897-970.

<sup>2</sup> Doutora, Pesquisadora e Professora no PPGCAF pela UFRRJ. BR 465, Km 07, Seropédica-RJ. Brasil. CEP: 23897-000 (21) 2682-1128, Ramal 203, e-mail: sgoi@globo.com

<sup>3</sup> Doutorando em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela UFRRJ e Professor do IFTO. e-mail: fernandomorais@ifto.edu.br

\*Autor para correspondência: [lilianegarcia@ifto.edu.br](mailto:lilianegarcia@ifto.edu.br)

### INF. REVISÃO

### RESUMO

*Convite:* 01 Mar 2014

*Recebido em:* 08 Jun 2014

*Publicado em:* 05 Jul 2014

**Editor:** V. H. G. Sales

[jbfs@ifap.edu.br](mailto:jbfs@ifap.edu.br)

ID JBFS0022014

Prot. 0022014ED01

Copyright: © 2014

JBFS all rights (BY NC SA)

Os impactos ambientais causados pela exploração solo, mesmo que necessária, causam degradação ambiental sobre o solo. Assim fazem-se indispensáveis intervenções nessas áreas, escolhendo metodologia e selecionando espécies de plantas, podem acelerar sua regeneração, permitindo o processo sucessional. Esse trabalho teve o objetivo de realizar um levantamento bibliográfico sobre o papel da atividade microbiana para recuperação de áreas degradadas. Os fungos micorrízicos, nesse contexto são eficientes na aquisição de água e nutrientes do solo, melhorando o crescimento das plantas, além de participar da agregação e estruturação do solo e, conseqüentemente, na sua recuperação. Assim, sob diversas condições de degradação ambiental, a maioria das plantas superiores é colonizada por micorrizas, e que podem ter vários efeitos benéficos no crescimento da planta.

Palavras-chave: Degradação, fungos, biodiversidade.

**Abstract** - The environmental impacts caused by exploration soil, even if necessary, cause environmental degradation on the ground. Therefore, it is indispensable interventions in these surfaces, choosing methodology and selecting plant species can speed the regeneration, allowing the successional process. This study aimed to perform a literature on the role of microbial activity for reclamation. Mycorrhizal fungi in this context are efficient in the acquisition of water and nutrients from the soil, improving the growth of plants, besides participating in the aggregation and soil structure and consequently in their recovery. Thus, under various conditions of environmental degradation, higher plants are colonized by mycorrhizae, and may have several beneficial effects on plant growth.

Index terms: degradation; fungi; biodiversity.

### Como referenciar esse documento (ABNT):

RODRIGUES, L. G. S. M.; GOI, S. R.; RODRIGUES, F. M. Associação micorrízica como uma estratégia para o estabelecimento de espécies em áreas impactadas. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v.1, n.1, p.7-16, abr. / jun. 2014.

### INTRODUÇÃO

A análise de indicadores bioquímicos e microbiológicos em solos degradados ou em

processo de recuperação é de suma importância quando se deseja obter informações sobre a qualidade do ambiente e da sustentabilidade do

ecossistema nos tratamentos indicados (LONGO & RIBEIRO, 2011).

Além disso, de constituírem informações complementares na avaliação qualitativa dos solos, os indicadores microbiológicos têm sido frequentemente sugeridos como sensíveis aos impactos causados pelo manejo do solo, quando comparado àqueles de caráter físico ou químico (BENDING et al., 2004).

Algumas atividades antrópicas podem proporcionar impactos diretos e indiretos de diferentes naturezas sobre o ambiente. Os impactos sobre o solo, a vegetação e os recursos hídricos presentes no sistema são observados na forma de alterações estéticas, físicas, químicas e biológicas, dependendo, logicamente, das características da geologia, vegetação, relevo e solo locais (LONGO & RIBEIRO, 2011).

A recuperação natural de áreas devastadas é demorada e, muitas vezes, requer intervenção antrópica, além de ser extremamente limitada e altamente imprevisível, devido, principalmente, à ausência de banco de sementes e à baixa fertilidade do solo (VÊNIA et al., 2006).

Os principais problemas edáficos associados a recuperação de áreas degradadas são: baixa taxa de infiltração de água no solo, reduzida capacidade de armazenamento de água, deficiência de oxigênio, aumento na densidade global, elevada resistência à penetração de raízes, falta de matéria orgânica (MO) e baixa fertilidade, entre outros (CORREA, 1996).

Independentemente da finalidade a que se propõe um programa de recuperação, as ações recuperadoras pressupõem o uso de medidas de proteção do solo, dentre as quais afirmação de uma vegetação de cobertura tem sido imprescindível.

A produção de mudas de espécies arbóreas nativas, para reflorestamento ou recomposição de áreas degradadas, é considerada como uma alternativa tecnológica em programas de recuperação de áreas devastadas, tendo como finalidade a diminuição do impacto ambiental, a melhoria das condições edafoclimáticas e a conservação da biodiversidade (CARNEIRO ET al., 2004).

Todavia, à grande dificuldade no estabelecimento da vegetação inicial deverão ser utilizadas espécies rústicas e agressivas o bastante para se desenvolverem em ambientes hostis e, preferencialmente, com características que contribuam para o reequilíbrio e a estabilização do

ecossistema, propiciando atuação dos mecanismos e dos processos naturais de colonização e integração da flora e fauna (RESENDE & KONDO, 2001).

O solo submetido a um processo de recuperação via implantação de florestas plantadas que se assemelham ao processo natural de sucessão ecológica secundária, como decorrer do tempo, tende a aumentar os teores de nutrientes e de matéria orgânica do solo (MOS), bem como promover a diminuição da acidez e aumentar a estabilidade dos agregados do solo. Considerando-se a baixa fertilidade natural e o baixo potencial de inoculo de áreas a serem reflorestadas, a inoculação com fungos micorrízicos, na fase de formação de mudas de espécies florestais, é fundamental para o sucesso de programas de reflorestamento (CARNEIRO et al., 2004).

Ferraz et al., (2004) afirma que “o conhecimento gerado pelos estudos dos grupos sucessionais pode ser aplicado diretamente na conservação, no manejo sustentando as florestas e na reabilitação da floresta e na reabilitação de áreas degradadas”. Pois, a vegetação influencia diferentemente a biomassa microbiana, e por esse motivo, sua eliminação ocasiona uma drástica queda da biomassa carbono, como revelam estudos envolvendo desmatamentos (CARNEIRO et al., 2004).

Modelos de recuperação de solos degradados devem se basear em tecnologias que sejam capazes de melhorá-lo por meio do aporte de matéria orgânica com baixa relação C/N permitindo o restabelecimento da vida no solo. A biomassa microbiana do solo pode ser bom indicador de recuperação de solos postos em recuperação, pois atua como agente da transformação bioquímica dos compostos orgânicos, sendo também um reservatório de N, P e S (VÊNIA et al., 2006).

O conhecimento das relações ecológicas e das exigências nutricionais das espécies pode facilitar o desenvolvimento de tecnologias para a obtenção de mudas sadias destinadas aos programas de revegetação ou recuperação do ambiente, bem como a utilização econômica das espécies nativas para os diversos fins (VÊNIA et al., 2006).

Dentre as diversas relações biológicas existentes, destaca-se a simbiose micorrízica, que constituem vários tipos de micorrizas. Os fungos micorrízicos são do tipo predominante nas espécies vegetais e de maior importância nos ecossistemas tropicais (CARNEIRO et al., 2004).

Formadas por fungos da ordem Glomales (Zigomicotina), seus benefícios à planta hospedeira são a melhoria das condições nutricionais, em especial de P, e a tolerância a estresses diversos, principalmente estresse hídrico; enquanto a planta fornece fotossintatos essenciais para o desenvolvimento do fungo (VÊNIA et al., 2006).

Portanto, a efetividade simbiótica, definida como capacidade do fungo em promover o crescimento da planta hospedeira, é controlada pela eficiência do fungo, pela dependência da planta e modulada pelo ambiente (CARNEIRO et al., 2004).

Nesse sentido, o presente projeto tem por objetivo básico de realizar um levantamento bibliográfico sobre associação micorrízica para o estabelecimento de espécies vegetais em áreas degradadas.

## **ÁREAS DEGRADADAS E A RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

No artigo 2º da Lei 9.985, que estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, há definições de:

- Recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original;
- Restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original.

Já um ecossistema degradado é o que, após certo distúrbio, teve eliminado, junto com a vegetação, os meios bióticos, apresentando assim, baixa resiliência, ou seja, o seu retorno ao estado anterior pode não acontecer, ou ser extremamente lento, necessitando da intervenção humana (CRESTANA et al., 2006).

Ainda, uma área degradada pode ser considerada por ter sofrido alterações de suas características originais, em função de causas naturais ou oriundas de ação antrópica (REICHMANN NETO, 1993).

São numerosos os problemas nos processos de regeneração natural em áreas impactadas, os quais parecem estar em parte, associados às condições desfavoráveis do solo exposto, por exemplo, toxicidade do alumínio, acidez, altas temperaturas do solo e baixa atividade microbiana (PERRY et al., 1987).

A preocupação com o meio ambiente tem colocado em destaque a questão da recuperação de áreas degradadas. No entanto, muitas vezes, medidas adotadas para a recuperação de áreas fortemente impactadas, geralmente são inócuas, pois utilizam técnicas e procedimentos eficientes, testados e aprovados em outros ambientes, mas quando aplicado em situações distintas podem não trazer os resultados esperados (SOUZA, 2004).

### *Espécies para recuperação de áreas degradadas*

Em virtude ao reflorestamento com espécies florestais, pesquisas têm buscado conhecer as estratégias sucessionais e habilidades competitivas das diferentes espécies florestais (JANOS 1996; HERRERA et al., 1997).

Para ter a sucessão natural e nos processos de ciclagem para a plantação de florestas, são importantes instrumentos para a reabilitação de solos tropicais degradado, acelerando a recuperação da fertilidade do solo quando comparados a um processo de sucessão secundária natural, ou seja, sem interferência humana, nesse sentido a chave para esse sucesso, é a seleção cuidadosa de espécies vegetais e as práticas de manejos (PARROTA, 1992).

Para haver introdução de plantas leguminosas, no processo de recuperação destas áreas, contribui para a incorporação de carbono e nitrogênio ao solo, favorecendo a atividade microbiana e melhorando a agregação do solo.

O estabelecimento das comunidades rizosféricas e suas relações mutualísticas (bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos) têm papel crucial na dinâmica de nutrientes no solo, pois a capacidade destas espécies crescerem em condições limitantes de fertilidade, com elevada produção de biomassa que é aportada ao solo via serrapilheira, proporciona maior ciclagem e acúmulo de nutrientes no solo (FARIA & CHADA, 2003)

Na região dos trópicos, há a baixa fertilidade do solo e a limitada disponibilidade do fósforo proporciona a formação das associações micorrízicas, que são essenciais para o desenvolvimento de uma grande variedade de espécies de plantas (NEWSHAM et al., 1995).

Nesse sentido, o sucesso da revegetação depende da capacidade das mudas em absorver nutrientes e água, resistir às doenças e sobreviver aos estresses impostos pelo ambiente, sendo

bastante conhecido que certos fungos do solo como os fungos micorrizicos arbusculares podem contribuir para aliviar esses estresses (SIQUEIRA & SAGGIN-JUNIOR, 1995).

## **SOLO E MICROORGANISMOS**

O reservatório que possuiu o maior compartimento terrestre de carbono, contendo quantidades desse elemento, que superam os presentes na biomassa vegetal e na atmosfera do planeta, é o solo. Cuja, a maior parte do carbono estocado no solo é constituída por formas orgânicas, cuja quantidade, num dado momento, é o reflexo do balanço entre as adições de resíduos e as perdas por oxidação de materiais orgânicos (Roscoe et al., 2006).

Da fração porosa do solo, os microrganismos ocupam em torno de 0,5%, porém essa porcentagem aumenta significativamente no solo rizosférico, devido ao aumento na disponibilidade de substrato. Por isso, é importante a natureza dos materiais que fornecem carbono, os nutrientes a energia estocada e a dinâmica dos fatores físicoquímicos afetando o metabolismo celular e a disponibilidade de substrato. A microbiota heterotrófica utiliza resíduos de plantas, animais e outros microrganismos em vários estádios de decomposição (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Geralmente os materiais húmicos não são fonte de energia prontamente disponível devido à sua alta complexidade, porém são importantes como reservatório de N, P, C e outros elementos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Evidências da contribuição da MOS e dos microrganismos, especialmente dos filamentosos, são baseados no fato que tanto a formação quanto a estabilidade dos agregados, mostram correlações positivas do comprimento de hifas e raízes com o teor de MO (JASTROW & MILLER, 1991).

Essa relação resulta dos efeitos do maior suprimento de carbono para a microbiota do solo, e não dos efeitos diretos da MO. A relação entre os microrganismos, a MO e a estruturação do solo são bastante evidentes, porém a distinção entre causa e efeito não é totalmente clara. Os microrganismos e a MO estabilizam a estrutura do solo, enquanto uma boa estrutura protege fisicamente os microrganismos e a MO, formando um circuito complexo e intimamente ligado entre agregação, microbiota e MO (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

O efeito das hifas fúngicas, principalmente dos fungos associados às raízes (micorrizas) na

agregação do solo, também tem recebido maior atenção, pois esta simbiose possui grande importância na agricultura e na restauração ambiental. As micorrizas contribuem para maior produtividade, sustentabilidade agrícola e conservação ambiental por meio de inúmeros efeitos, podendo ainda atenuar os efeitos dispersivos da adsorção de fosfato, que afeta negativamente a agregação do solo (SIQUEIRA, 1994).

Como a biomassa microbiana apresenta rápida ciclagem e responde ao cultivo e ao manejo de resíduos orgânicos, esta pode ser utilizada como um indicador biológico dos níveis de MOS, ou como índice para aferição da sustentabilidade de sistemas de produção (MELE & CARTER, 1993).

A atividade respiratória pode ser alterada por diferentes manejos e tratamentos do solo, como também pelas flutuações sazonais de temperatura, umidade, aeração e disponibilidade de substrato, entre outros (BEHERA et al., 1990).

A determinação da respiração basal pela quantificação do carbono de CO<sub>2</sub> (C-CO<sub>2</sub>) liberado é um procedimento importante para avaliar a atividade dos microrganismos do solo, pois a decomposição dos resíduos orgânicos é envolvida por reações microbianas de oxidação, onde os microrganismos obtêm o carbono e energia para o seu crescimento e funções celulares, pela transformação de compostos orgânicos complexos em substratos mais simples (CAMPBELL et al., 1992).

Nestas reações, parte do carbono presente no resíduo é assimilada pela microbiota como fonte de energia para construção do protoplasma celular e a outra parte é perdida na forma de CO<sub>2</sub>. O monitoramento das comunidades microbianas, por meio destes parâmetros, tem sido utilizado como indicador da qualidade do solo em função dos diferentes sistemas de manejo e rotações de culturas, podendo ajudar na detecção de alterações nas populações microbianas resultantes de mudanças ambientais (MELE & CARTER, 1993).

## **CLASSIFICAÇÃO DAS MICORRIZAS**

Há dois grupos principais de micorrizas: endomicorrizas e ectomicorrizas. As endomicorrizas são as mais comuns, ocorrendo em cerca de 80% das plantas vasculares. O fungo componente é um zigomiceto; com menos de 200 espécies envolvidas em tais associações; amplamente distribuídas por todo o mundo; assim, as relações endomicorrízicas não são altamente específicas. A hifa do fungo penetra nas células corticais da raiz da planta, onde são formadas pequenas estruturas densamente ramificadas, com aspecto de minúscula árvore (arbúsculos ou dilatações denominadas vesículas). As endomicorrizas são freqüentemente chamadas fungos micorrízicos arbusculares. A maioria ou quase todas as trocas entre fungos e plantas ocorre nos arbúsculos. A hifa se estende para o solo por vários centímetros,

umentando significativamente a quantidade absorvida de fosfato e outros nutrientes essenciais (RAVEN et al., 1996).

As ectomicorrizas são características de certos grupos de árvores e arbustos encontrados principalmente em regiões temperadas. Este grupo inclui a família das faias e carvalhos (Fagaceae); a família dos salgueiros, álamos e choupos (Salicaceae) e a família dos pinheiros (Pinaceae) além de certos grupos de árvores tropicais que formam densos agregados puros.

Essas árvores que crescem em diferentes partes do mundo, frequentemente são ectomicorrízicas. A associação micorrízica aparentemente torna as árvores mais resistentes às rigorosas condições de frio e de seca que ocorrem nas zonas limites de crescimento das árvores (VÊNIA et al, 2006).

O fungo envolve, mas não penetra nas células vivas das raízes. As hifas crescem entre as células do córtex da raiz, formando uma estrutura característica, a rede de Hartig, as quais, eventualmente, circundam muitas das células corticais. A presença da rede de Hartig parece prolongar a vida, tanto das células como da raiz, esta

funciona como interface entre o fungo e a planta. Em adição a esta estrutura, as raízes são circundadas por um manto de hifas a partir do qual cordões miceliais se estendem para o solo vizinho (VÊNIA et al, 2006).

Nas raízes com ectomicorrizas, os pêlos estão geralmente ausentes, sendo suas funções aparentemente desempenhadas pelas hifas. As ectomicorrizas são, em sua maioria, formadas por basidiomicetos, incluindo muitos gêneros de cogumelos, mas algumas envolvem associações com ascomicetos, inclusive trufas (VÊNIA et al, 2006).

Pelo menos 5.000 espécies de fungos estão envolvidas nas associações ectomicorrizas, geralmente com alto grau de especificidade (RAVEN et al., 1996). Outro aspecto a considerar é que muitos fungos ectomicorrízicos são, comprovadamente, fonte de alimento para animais em florestas temperadas e tropicais (TAYLOR, 1991), participando de maneira decisiva na manutenção da estabilidade de comunidades florestais (HAWKSWORTH, 1991).

As características diferenciam entre os tipos de micorrizas são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características diferenciais dos principais tipos de micorrizas

**Table 1.** *Characteristics differing of the main types of mycorrhizae*

Características	Ectomicorrizas	Endomicorrizas
Morfoanatômicas	Penetração apenas intercelular com formação de manto, rede de Hartig e rizomorfo. Modificações acentuadas nas raízes colonizadas	Penetração inter e intracelular com formação de pelotões, vesículas, arbúsculos e esporos. Sem alteração morfológica visual
Exploração do solo	Manto, micélio e rizomorfo	Hifas e micélio
Fungo simbionte	Principalmente basidiomicetos e alguns ascomicetos	Ascomicetos, fungos imperfeitos e zigomicetos
Planta hospedeira	A maioria das gimnospermas e algumas das angiospermas	Ericales, Orquidaceae e maioria das angiospermas; 97% das plantas vasculares formam MVA.
Especificidade	Presente em alguns grupos	Apenas nas Ericóides e Orquidóides
Distribuição geográfica	Ocorrência natural generalizada nas regiões temperadas; exótica nos trópicos.	Cosmopolita, com maior incidência nos trópicos
Principais efeitos benéficos para plantas hospedeiras	Absorção de nutrientes (N, P), tolerância a estresses bióticos (doenças) e abióticos	Absorção de vários nutrientes (N, P, Zn e Cu). Favorecimento na fixação biológica do nitrogênio e tolerância a estresses diversos.
Produção de antibióticos, enzimas e hormônios	Muito freqüente em grande quantidade	Sem evidências. Plantas com MVA acumulam hormônios
Troca de metabólitos	Na rede de Hartig e micélio intraradicular	Nos pelotões, haustórios e arbúsculos
Ecosistema predominante	Floresta de coníferas temperadas nativas e tropicais plantadas e de eucaliptos	Solos ácidos turfosos, liteira florestal, agro e ecossistemas naturais não dominados por coníferas
Aplicação biotecnológica	Inoculante vegetativo no mercado exterior	Grande potencial, mais falta inoculante comercial

**Fonte:** Adaptado de Siqueira & Franco (1988).

*Font:* Adapted of Siqueira & Franco (1988)

## **BIOLOGIA DAS MICORRIZAS**

Evidências de que os vegetais ancestrais já tinham micorrizas, indicam que plantas e fungos micorrízicos passaram por um processo de co-evolução, o que explica a ocorrência generalizada, as diferenciações em tipos e a distribuição geográfica dessas associações. Do ponto de vista ecológico e sob considerações práticas, as ectomicorrizas e endomicorrizas são as mais importantes (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Nas ectomicorrizas, o estabelecimento da simbiose ectomicorrízica se inicia pela ativação dos propágulos do fungo que, no caso de esporos, germinam e formam um tufo de hifas na rizosfera, colonizando a superfície das raízes e, finalmente, penetrando-a através das junções celulares na Zona de Infecção Micorrízica (ZIM), que se localiza logo atrás da zona meristemática apical da raiz. Após a penetração, as hifas colonizam o córtex intercelularmente, por meio da digestão enzimática da lamela média com ocupação de todo o espaço intercelular, dando origem à rede de Hartig, que é intra-radicular, ao manto e ao rizomorfo, que são extra-radulares (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Todos esses tecidos resultam de diferenciações morfológicas no micélio do fungo. A penetração e interação fungo-planta promovem modificações acentuadas no hábito de crescimento e morfologia dos segmentos de raízes colonizadas, o que permite a detecção visual das ectomicorrizas. O processo de micorrização é dinâmico e segue o crescimento e desenvolvimento das raízes; ao mesmo tempo em que os segmentos micorrizados mais velhos entram em senescência, os novos se tornam colonizados, em função do potencial de inoculo na rizosfera, da fisiologia da planta e das condições ambientais (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Uma vez estabelecida a colonização primária, ela tende a se perpetuar, pelo acompanhamento do crescimento apical da raiz, da colonização secundária, resultante do micélio extra-radicular e da elevação do potencial de inoculo na rizosfera (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Nas endomicorrizas não se verificam modificações anatômicas resultantes da invasão das raízes pelo fungo; portanto, não são reconhecidas a olho nu, o que difere das ectomicorrizas, porém as raízes de algumas plantas, como cebola e milho e representantes da família Liliaceae, tornam-se amareladas quando micorrizadas (VÊNIA et al, 2006).

Observações microscópicas mostram que os fungos penetram nas células corticais das raízes sem causar danos, o que os diferencia dos fungos patogênicos, fato também verificado nos outros tipos de micorrizas com penetração intracelular (VÊNIA et al., 2006).

A formação da associação se inicia a partir da interface formada entre os propágulos do fungo no solo, que podem ser esporos, células auxiliares e hifas que crescem de raízes colonizadas (infecção secundária). Dos propágulos, formam-se as hifas infectivas que, estimuladas pelos componentes bióticos dos exudatos e pelas condições físico-químicas da rizosfera, crescem abundantemente, aumentando as chances de contato entre a raiz e o fungo (VÊNIA et al., 2006).

Essas hifas, ao encontrarem as raízes, aderem à sua superfície (epiderme ou pêlos radiculares) e formam um apressório, através do qual penetram as células da epiderme na zona de diferenciação e alongamento, formando a “unidade de infecção” (VÊNIA et al., 2006).

A partir deste ponto, as hifas se espalham pelo córtex intercelularmente, através da lamela média tornando-se, posteriormente, intracelulares, quando formam as hifas enoveladas nas camadas mais externas do córtex, diferenciando-se em arbúsculos nas camadas mais internas e, finalmente, em vesículas e esporos (VÊNIA et al., 2006).

A velocidade de espalhamento, diferenciação intra e extraradicular e esporulação, é relativamente rápida e depende do genoma da planta hospedeira e da espécie de fungo envolvida, além das condições do meio ambiente, sobretudo do solo.

Além das estruturas intraradiculares, externamente é formada uma rede de hifas ou micélio, células auxiliares e esporos. O micélio é dimórfico, em geral não septado, de coloração amarelada e com diâmetro variando de 2 a 27  $\mu\text{m}$ . Ele se ramifica no solo, permanecendo contínuo à fase intra-radicular, localizado no córtex (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

O desenvolvimento e o espalhamento deste micélio na rizosfera são determinados pelo fungo, condições ambientais e idade da planta ou da simbiose, sendo de grande importância para o funcionamento da associação, além de representar uma extensão do órgão de absorção das plantas com vantagens geométricas e espaciais em relação às raízes absorventes. A quantidade de micélio extra-radicular pode atingir até 1,5/cm de hifa de raiz

colonizada, ou 55 mg/L de solo rizosférico (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

## UTILIZAÇÃO DAS MICORRIZAS EM RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADAS

A Tabela 2 apresenta alguns dados sobre trabalhos que utilizaram micorrizas para recuperação de áreas degradadas, bem como os métodos e resultados alcançados.

**Tabela 2.** Trabalhos que utilizaram de micorrizas para recuperação de áreas degradadas

**Table 2.** *Studies using mycorrhizae for recovery of degraded areas*

Título	Métodos	Conclusões	Referências
Associação de fungos ectomicorrízicos com espécies florestais nativas do Estado do Rio Grande do Sul.	As raízes foram processadas e analisadas quanto ao tipo de colonização micorrízica  Os esporocarpos fungos ectomicorrízicos nativos encontrados foram identificados, isolados e multiplicados	As espécies florestais estudadas não apresentaram colonização ectomicorrízicas a campo, entretanto, foram encontrados esporocarpos próximos de algumas plantas Observou-se a presença de associações com fungos endomicorrízicos em todas as espécies	ANDREAZZA, R. (2006)
Atividade microbiana e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em espécies arbóreas	Avaliação das características químicas e microbiológicas Porcentagem de colonização por FMA (COL)  Identificação das espécies de FMA autóctones	As espécies de plantas que mais estimularam as comunidades de FMA, sendo estas seis as espécies mais indicadas para a recuperação dessas áreas	SCABORA, M. H. (2007)
Ocorrência de associação micorrízica em seis essências florestais nativas do Estado do Rio Grande do Sul	As amostras de raízes, os corpos de frutificação dos fungos e o solo foram analisados no laboratório  As raízes foram processadas e analisadas quanto ao tipo de micorriza presente	Os fungos ectomicorrízicos nativos encontrados foram identificados, isolados e mantidos em cultura  As espécies estudadas não apresentaram colonização ectomicorrízica, embora em alguns locais tenham sido encontrados esporocarpos próximos às plantas A associação com micorrizas arbusculares foi encontrada em todas as espécies de essências florestais nativas estudadas.	ANDREAZZA et al. (2008)
O papel da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones no desenvolvimento de espécies vegetais nativas em área de dunas de restinga revegetadas no litoral do Estado da Paraíba	Avaliados: altura, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, biomassa seca e conteúdo de nutrientes nas partes aérea e radicular, densidade de glomerosporos, colonização micorrízica hifálica, arbuscular, vesicular e total e produção de proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG)	A colonização micorrízica na peroba foi de 80% e no jenipapo-bravo 60%  Os FMA estão presentes em áreas revegetadas após extração de minérios, e contribuem para o crescimento das espécies nativas testadas em condições de casa de vegetação, sugerindo assim, que o desempenho dessas plantas é influenciado pela simbiose micorrízica arbuscular	OLIVEIRA et al. (2009)

“Continua”

“To be continue”

**Tabela 2.** Conclusão

**Table 2.** Conclusion

Título	Métodos	Conclusões	Referências
Fungos micorrízicos arbusculares na recuperação de áreas mineradas no Município de Lauro Müller, Sul de Santa Catarina.	Determinou-se a diversidade de FMAs Determinação da densidade de esporos de FMAs	A inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e de rizobactérias promotoras de crescimento (RBPC) constitui estratégia importante na revegetação de solos reconstruídos ou mesmo de áreas com deposição superficial de estéril A baixa diversidade e o baixo número de esporos de FMAs observados nas áreas sugere a necessidade do estabelecimento de programas de inoculação destes fungos em plantas como estratégia de revegetação dos solos construídos após a mineração de carvão no Sul de Santa Catarina	CEOLA (2010)
Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em remanescente florestal impactado (Parque Cinqüentenário - Maringá, Paraná, Brasil)	Avaliação da diversidade de FMA nativos no solo e o grau de micorrização das plantas neste ecossistema Determinação da porcentagem de colonização micorrízica arbuscular Identificação das espécies de FMA Índices de diversidade	Foi verificada a ocorrência de 50 espécies de FMA, distribuídas em cinco gêneros	SANTOS. & CARRENHO (2011)
Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse	Revisão de literatura	Os FMAs são essenciais no estabelecimento e adaptação das plantas em locais perturbados	PEREIRA et al. (2012)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados da pesquisa realizada pôde-se considerar que:

Sob diversas condições de degradação ambiental, a maioria das plantas superiores é colonizada por micorrizas, que podem ter vários efeitos benéficos no crescimento da planta;

- As micorrizas são sistemas biológicos, que são influenciadas pelo ambiente e por inúmeros fatores edáficos de cada componente, que influenciam de modo direto ou indireto a

formação, o funcionamento e a ocorrência das micorrizas.

- Há poucos são os trabalhos que examinam com detalhes os fatores capazes de alterar a sobrevivência de micorrizas em seus habitats naturais;
- Porém há estudos sobre os fatores que podem regular o estabelecimento e o funcionamento de micorrizas e as alterações bioquímicas, fisiológicas e moleculares em ambos os simbioses durante condições de estresse biótico e físico.

## REFERÊNCIAS

ANDREAZZA, R. **Associação de fungos ectomicorrízicos com espécies florestais nativas do**

**Estado do Rio Grande do Sul.** 2006. 75f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS: [s.n.], 2006.

- ANDREAZZA, R. et. al. Ocorrência de associação micorrízica em seis essências florestais nativas do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 339-346, jul.-set., 2008.
- BEHERA, N.; JOSHI, S.K.; PATI, D.P. Root contribution to total soil metabolism in a forest soil from Orissa, Índia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam v.36, n.2, p.125-134, 1990.
- BENDING, G.D.; et al. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under constrating agricultural management regimes. **Soil Biology and Biochemistry**, v.36, p.1785-1792, 2004.
- BRASIL, República Federativa. **Lei Federal n.º 9.985**. Estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, p. 22. 2000.
- CAMPBELL, C.A.; MOULIN, A.P.; BOWREN, K.E.; JANZEN, H.H.; TOWNLEYSMITH, L.; BIEDERBRCK, V.O. Effect of crop rotations on microbial biomass, specific respiratory activity and mineralizable nitrogen in a Black Chernozemic soil. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.72, p.417-427, 1992.
- CARNEIRO, M. A. C et al. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 03, n. 34, p. 119-125, 2004.
- CEOLA, G. **Fungos micorrízicos arbusculares na recuperação de áreas mineradas no Município de Lauro Müller, Sul de Santa Catarina**. 2010. 96f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Lages: [s.n.], 2010.
- CORREA, R.S. Regeneração da vegetação de cerrado em uma área de empréstimo no Parque Nacional de Brasília. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 8; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SABANNAS, 1, 1996, Brasília. **Anais**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p.182-185, 1996.
- CRESTANA, M.S.M.; FERRETI, A.R.; TOLETO FILHO, D.V.; ÁRBOCZ, G.F.; SHIMIDT, H.A.; GUARDIA, J.F.C. Espécies arbóreas nativas do estado de São Paulo recomendadas para reflorestamentos. In: \_\_\_\_\_. **Florestas: sistemas de recuperação com essências nativas, produção de mudas e legislação**. São Paulo: Imprensa Oficial, p.49-84. 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos , 412p. 1999.
- FARIA, S. M.; CHADA, S.S. **Interação microrganismos e plantas na recuperação de áreas degradadas**. UNESP/ Rio Claro, 2003. 2 p. Disponível em: <www.rc.unesp.br/xivbsp/mesa03MSMF.pdf.> Acesso em: 25/03/2007.
- FERRAZ, I. D. K.; LEAL FILHO, N.; IMAKAWA, A. M.; VARELA, V. P.; PINA RODRIGUES, F. C. N. Características básicas para um agrupamento ecológico preliminar de espécies madeireiras da floresta de terra firme da Amazônia central. **Acta Amazônica**, v.34, n.4, pp. 621-633. Manaus-AM, 2004.
- HAWKSWORTH, D. L. The fungal dimension of biodiversity: Magnitude, significance, and conservation. **Mycological Research**, Cambridge, v.95, p.641-655, 1991.
- HERRERA, R.A.; ULLOA, D.R.; VALDÉS-LAFONT, O.; PRIEGO, A.G.; VALDÉS, A.R. Ecotechnologies for the sustainable management of tropical forest diversity. 1997.
- JANOS, D.P. Mycorrhizas, succession and the rehabilitation of deforested lands in the humid tropics. In: FRANKLAND, J.C.; MAGAN, N.; GADD, G.M. (Eds.) **Fungi and environmental change: british mycological society symposium**. Cambridge: Cambridge University, v.20, p.129-162. 1996.
- JASTROW, D.A.; MILLER, R.M. Methods for assessing the effects of biota on soil structure. **Agricultura, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.34, p.279- 303, 1991.
- LONGO, R.M.; et al. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. *Bragantia*, v. 70, n. 1, p. 132-138, 2011.
- MELE, P.M.; CARTER, M.R. Effect of climatic factors on the use of microbial biomass as an indicator of changes in soil organic matter. In: MULONGOY, K.; MERCKX, R. **Soil organic matter dynamics and**

- sustainability of tropical agriculture**. Chichester: John Wiley, 392p. 1993.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 729p. 2006.
- NEWSHAM, K.K.; FITTER, A.H.; WATKINSON, A.R. Multi-functionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v.10, p.407-411, 1995.
- OLIVEIRA, J.R.G. et al.: O papel da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones no desenvolvimento de espécies vegetais nativas em área de dunas de restinga revegetadas no litoral do Estado da Paraíba. **Revista Brasil. Bot.**, v.32, n.4, p.663-670, out.-dez. 2009.
- PARROTA, J.A. The role of plantation forest rehabilitating degraded tropical ecosystems. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.41, p.115-133, 1992.
- PEREIRA, M.S.F. et al. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 36:1663-1679, 2012. **Nature and Research**, Paris, v.33, p.1-17, 1997.
- PERRY, D.L.; MOLINA, R.; AMARANTHUS, M.P. Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation: current knowledge and research needs. **Canadian Journal of Forestry Research**, Ottawa, v.17, p.929-940, 1987.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 728p. 1996.
- REICHMANN NETO, F. Recuperação de áreas degradadas na Região Sul. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, v.3, p.102-107. 1993.
- RESENDE, A.V., KONDO, M.K. Leguminosas e recuperação de áreas degradadas. **Informe Agropecuário**, v.22, p. 46-56, 2001.
- ROSCOE, R.; BOADEY, R.M.; SALTON, J.C. Sistema de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**. Dourados: EMBRAPA, p.17-42, 2006.
- SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; LOVATO, P. E. Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. In: Siqueira, J. O. (Org.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 818p. 1999.
- SANTOS, F.E.F.; CARRENHO, R. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em remanescente florestal impactado (Parque Cinquentenário - Maringá, Paraná, Brasil). **Acta bot. bras.** 25(2): 508-516. 2011.
- SCABORA, M.H. **Atividade microbiana e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em espécies arbóreas**. 2007. 56 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira: [s.n.], 2007.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ABEAS/ESAL/FAEPE, 236p. 1988.
- SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Microbiologia do solo e sustentabilidade agrícola: enfoque em fertilidade do solo e nutrição vegetal. In: Reunião Brasileira em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22, 1996, Manaus. **Resumos...** Manaus: SBCS, p.1-42. 1996.
- SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Eds.) **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, p.151-194. 1994.
- SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN-JUNIOR, O.J. The importance of mycorrhizae association in natural low-fertility soils. In: MACHADO, A.T.; MAGNAVACA, R.; PANDEY, S.; SILVA, A.F. (Eds.). **International symposium on environmental stress: maize in perspective**. México: CIMMVT/UNDP, 449p. 1995.
- SOUZA, M.N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**. 2004. 393f. Tese (Dourado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- TAYLOR, R. J. Plants, fungi and bettongs: a fire dependent co-evolutionary relationship. **Australian Journal Ecology**, Oxon, v.16, n.3, p.409-411, 1991.
- VÊNIA, C. et al. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, 2006.