

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

**SYLVIA LETICIA OLIVEIRA SILVA**

**OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM  
DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA**

São Luís  
2010

**SYLVIA LETICIA OLIVEIRA SILVA**

**OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM  
DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Ph. D. Guillaume Xavier Rousseau.

Co-orientador: Prof<sup>o</sup>. D. Sc. José Geraldo Donizetti dos Santos.

São Luís

2010

Silva, Sylvia Letícia Oliveira

Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes sistemas de uso da terra. / Sylvia Letícia Oliveira Silva. – São Luis, 2010.

62f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2010.

Orientador: Prof. Ph D. Guillaume Xavier Rousseau

1.Esporos 2.Potencial de inóculo 3.Caupi 4.Colonização micorrízica. I.Título

**SYLVIA LETICIA OLIVEIRA SILVA**

**OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM  
DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Aprovada em 21 de agosto de 2010.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof.º Guillaume Xavier Rousseau** (orientador)  
Ph D. em Biologia Vegetal  
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

---

**Prof.º José Geraldo Donizetti dos Santos** (1º examinador)  
Doutor em Ciências dos Solos  
Universidade Federal de Tocantins - UFT

---

**Prof.º Christoph Gehring** (2º examinador)  
Doutor em Agronomia  
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

A Deus, pelo imenso amor e proteção em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais Fleurismar e Neres, pelo incentivo e carinho constantes.

Ao meu grande amigo e namorado João Filho, pelo apoio e paciência nos momentos mais difíceis.

Aos meus irmãos Mirian, Grazielle, Diego, Cleiton e Alan, pelo companheirismo.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me dar força para perseverar e lutar todos os dias.

A Universidade Estadual do Maranhão, por meio da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, pela oportunidade e espaço concedido para a realização deste curso.

A CAPES pela concessão da bolsa.

Ao meu Co-orientador Professor José Geraldo Donizetti dos Santos, pela amizade, apoio e disponibilidade na orientação, auxílio às técnicas e discussões fundamentais para a conclusão desta Dissertação.

Ao meu orientador Guillaume Rousseau, pelo desafio de orientar na conclusão do trabalho.

A todos os professores do Curso de Mestrado, especialmente aos Professores Emanuel Gomes de Moura, pelos incentivos para o meu ingresso no curso, Antonia Alice, Alana Aguiar, Francisca Helena, Adenir Teodoro e Christoph Gehring, pelas trocas de idéias.

Aos pesquisadores da FURB/SC, Prof. Luiz Sidney Stürmer pela identificação dos fungos e estudante Karl Kemmelmeier pelas fotos tiradas.

Aos colegas do Laboratório de Microbiologia do solo: Cibely, Caroen, Abdias, Kátia, Tércia, Évila, Danúbia e Meirijane pela amizade e os bons momentos no laboratório. Em especial o grupo de Micorriza que mostrou grande dedicação ao trabalho.

Aos amigos de turma pelas trocas de conhecimentos, experiências e afetividade. Em especial aqueles que me acompanharam desde a graduação, Luiz Júnior, Gislane e Cristina.

A todos os funcionários, especialmente Marinilde, Zé e Renê pela disponibilidade em ajudar-me sempre que solicitados.

Aos técnicos dos Laboratórios de Química e Física de Solos, João e Josael pelas análises de solo.

Às amigas, Priscila Buhaten, Lady Anne Pontes, Júlia Vieira, Thâmara Reis, Letícia Arruda e Michelle Pinto pela amizade e companheirismo.

Ao casal amigo Ruth e Ronaldo Menezes pelo carinho e força dedicada.

Ao meu namorado João pelo apoio constante e fundamental na conquista de mais esse degrau em minha vida.

A minha família pela paciência e manifestação de carinho e ajuda constante.

A família Oliveira e a família Lima, em especial, meu tio Raimundo Nonato pela dedicação dada na conclusão do meu trabalho.

A minha avó Zima e afilhada Kalyne pelo carinho.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para que eu pudesse chegar ao fim desta obra.

Aos professores de banca, pela disponibilidade, compreensão, análise e contribuições para o aperfeiçoamento e melhoria deste trabalho.

A todos meu muito obrigada.

“Você não pode provar uma definição”.  
“O que pode fazer é mostrar que ela faz sentido...”

*Albert Einstein*



## RESUMO

O manejo inadequado dos solos pode ocasionar redução da biodiversidade e degradação do solo em um determinado agrossistema levando ao desequilíbrio ecológico. No entanto, a implantação de sistemas de manejos sustentáveis poderá garantir a manutenção da capacidade produtiva e melhorar a qualidade edáfica nesses ecossistemas. Anos recentes tem-se mostrado crescente interesse ao desenvolvimento de sistemas de cultivos produtivos com alta eficiência de uso de recursos internos com diminuição de insumos e fertilizantes químicos, visando à maximização do equilíbrio ecológico da lavoura, numa perspectiva de preservação ambiental e aumento da produção, e os estudos sobre as micorrizas, neste contexto tornam-se importantes. As micorrizas arbusculares são associações mutualistas entre certos fungos do solo e as raízes absorventes da maioria das espécies vegetais. Elas são importantes fatores de qualidade de solo através do seu efeito sobre a fisiologia da planta hospedeira, interações ecológicas do solo e suas contribuições para manutenção do solo. Mas trabalhos mostram que práticas de manejo da agricultura convencional podem reduzir a população fúngica micorrízica arbuscular, enquanto sistemas com baixos insumos seria viável uma proponente que aumentem a sua atividade, assim como o desenvolvimento agrícola sustentável. Diante disto, os sistemas conservacionistas, como o plantio direto e cultivo mínimo, constituem-se em alternativas sustentáveis para aumentar os níveis de produção agrícola e mostram como uma forma de uso da terra altamente sustentável.

**Palavras-chave:** micorrizas arbusculares, sustentável, sistemas de manejo.

## ABSTRACT

The improper handling of soils can lead to reduced biodiversity and land degradation in a given agroecosystem leading to ecological imbalance. However, the implementation of sustainable handling systems can guarantee the maintenance of productive capacity and improve the quality of soils in these ecosystems. Recent years has shown increasing interest in the development of cropping systems with high efficiency of productive use of domestic inputs and a reduction of chemical fertilizers, in order to maximize the ecological balance of the crop with an eye to environmental preservation and increased production, and studies on mycorrhizae in this context become important. Arbuscular mycorrhiza is mutualistic associations between certain soil fungi and root suckers of most plant species. They are important factors for soil quality through its effect on host plant physiology, ecological interactions in soil and their contributions to keeping the ground. But studies show that handling practices of conventional agriculture can reduce the population of arbuscular mycorrhizal fungi, while systems with low inputs would be a viable bidder who increases their activity as well as sustainable agricultural development. As a result, the conservation systems, such as tillage and minimum tillage, are in sustainable alternatives to increase levels of agricultural production and show how a form of highly sustainable land uses.

**Keywords:** mycorrhiza, sustainable, handling systems.

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO I – OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM AGROSSISTEMAS SUSTENTÁVEIS.....</b>	<b>13</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Micorrizas arbusculares.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Manejo do solo no estado do Maranhão.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3</b>	<b>Fungos micorrízicos arbusculares em agroecossistemas.....</b>	<b>20</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>
	<b>CAPÍTULO II – OCORRÊNCIA, RIQUEZA E POTENCIAL DE INÓCULO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA NO TRÓPICO ÚMIDO MARANHENSE.....</b>	<b>33</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>34</b>
	<b>SUMMARY.....</b>	<b>36</b>
	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>38</b>
	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
	Local de estudo.....	39
	Amostragem de solo a campo e preparo das amostras.....	40
	Extração de esporos e identificação dos fungos micorrízicos arbusculares.....	40
	Bioensaio de colonização micorrízica.....	41
	Cálculo de dados.....	41
	Análise estatística.....	42
	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
	Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares.....	42
	Composição da comunidade de FMAs nativos.....	43
	Potencial de inóculo da comunidade nativa de FMA.....	44
	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>
	<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>48</b>
	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>49</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>59</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	p
Figura 1 - Densidade total de esporos nas áreas de capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia 3 anos e aléia 6 anos em Miranda do Norte - MA. ANOVA ns. (p=0,09).....	53
Figura 2 - Riqueza de espécies de FMAs nos sistemas capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia 3 anos e aléia 6 anos em Miranda do Norte - MA. ANOVA (p=0,02), letras indicam diferenças significativas conforme teste de Tukey a 5%.....	55
Figura 3 - Riqueza de espécies de FMAs nos sistemas capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia 3 anos e aléia 6 anos em Miranda do Norte - MA. ANOVA (p=0,02), letras indicam diferenças significativas conforme teste de Tukey a 5%.....	56
Figura 4 - Contribuição relativa dos gêneros de FMA, em relação ao total de espécies destes fungos isolados nas áreas capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia 3 anos e aléia 6 anos em Miranda do Norte -MA.....	57
Figura 5 - Colonização micorrízica do feijão caupi nas áreas capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia 3 anos e aléia 6 anos em Miranda do Norte - MA. ANOVA ns. (p=0,053).....	58

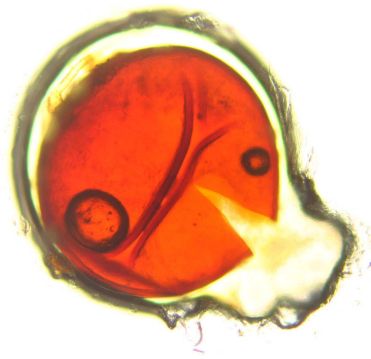
## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Resultados da análise química do solo esporos nas áreas de capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia três anos e aléia seis anos em Miranda do Norte-MA..... 53
- Tabela 2 – Espécies de fungos micorrízicos arbusculares encontradas nas áreas de capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia três anos e aléia seis anos em Miranda do Norte- MA e frequência de isolamento (IF) destas espécies de fungos micorrízicos arbusculares..... 54

**OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM  
AGROSSISTEMAS SUSTENTÁVEIS.**

---

**CAPÍTULO I**



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A alteração de ecossistemas naturais ocorre à medida que as atividades se voltam para atender as necessidades humanas por alimentos e produtos. O uso e manejo inadequado dos solos podem ocasionar a degradação física e empobrecimento deste, além da redução da biodiversidade em um determinado agroecossistema levando ao desequilíbrio ecológico. Atividades intensas no solo resultam em decréscimo da contribuição dos processos biológicos para a nutrição e crescimento das plantas, além disso, a degradação física do solo afeta os organismos que contribuem para a agregação e a estabilidade deste (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os sistemas agrícolas sustentáveis empregam processos naturais para alcançar níveis aceitáveis de produtividade e qualidade dos alimentos, minimizando os impactos ambientais adversos (HARRIER; WATSON, 2004; SIDDIQUI; PICHTEL, 2008). Diversas culturas de interesse agrônômico como o café, citrus, mandioca, batata doce, soja, e várias espécies arbóreas nativas do Brasil não conseguem sobreviver em solos de baixa fertilidade natural na ausência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (SOUZA *et al.*, 2008). Estes fungos se associam às raízes da maioria das espécies de plantas superiores, formando uma simbiose mutualística, beneficiando seu hospedeiro através do aumento da absorção de nutrientes, principalmente o fósforo, dentre outros benefícios (SMITH; READ, 1997). Sob clima tropical esta simbiose é amplamente encontrada entre plantas de hábito arbóreo e também em herbáceas. A simbiose micorrízica pode ser considerada como uma adaptação evolutiva para contornar limitações ao adequado crescimento das plantas, naturalmente comuns em solos destas regiões, exemplo as de ordem nutricional (JANOS, 1980).

Os FMAs ocorrem nos mais diversos solos que crescem as plantas (MOSSE *et al.*, 1981; ABBOTT; ROBSON, 1991). Segundo Stürmer; Siqueira (2006) estes fungos podem

ser encontrados em sua maioria nos ecossistemas naturais como dunas de areias, florestas tropicais, desertos, savanas, campos, bem como em agroecossistemas (por exemplo, fruticultura, pastagens, culturas anuais) e áreas degradadas.

Dessa forma, os fungos micorrízicos arbusculares ocupam um importante nicho ecológico nos ecossistemas, e são influenciados pelas práticas de manejo do solo como aração e adubação, as mudanças na vegetação e, o uso de agrotóxicos pode reduzir a incidência de algumas espécies de FMA (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Diversas estratégias de manejo incluem diferentes tipos de distúrbios que podem influenciar a comunidade microbiana de várias maneiras. O cultivo intensivo causa uma ruptura do micélio do fungo que reduz o potencial de inóculo de FMA (JOHANSSON *et al.* 2004) e expõem seus propágulos, como hifas, esporos e raízes colonizadas a altas temperaturas, excesso de oxigênio (oxidação) e a predadores, tornando-os inviáveis (JASPER *et al.* 1989, JASPER *et al.*, 1991, KABIR *et al.*, 1997). Miller *et al.* (1995); Boddington; Dodd ( 2000) e Mozafar *et al.* (2000) sugerem que os sistemas de plantio direto estimulam a atividade micorrízica no solo e também facilitam a capacidade de captação de nutrientes pelas plantas.

Diante do exposto, é de grande importância avaliar a influência dos sistemas de uso da terra sobre os fungos micorrízicos arbusculares, principalmente no estado do Maranhão, onde este assunto necessita de mais investigação.

### **1.1 Micorrizas arbusculares**

O termo micorriza vem do grego myco = (fungo) e rhiza = (raiz), e foi empregado pela primeira vez por Frank em 1885 (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) para se referir as associações simbióticas mutualísticas que ocorrem entre os fungos e as raízes das plantas.



Atualmente, são reconhecidos seis tipos diferentes de associações micorrízicas, sendo algumas delas muito específicas, encontradas em apenas algumas famílias de plantas terrestres (Arbuscular, Arbutóide, Ericóide, Ectomicorriza, Monotropóide e Orquidóide). Dentre estas, as arbusculares são as mais freqüentes, pois se estima que ocorra em mais de 80% de plantas vasculares (BRUNDRETT, 2004; SIDDIQUI; PICHTEL, 2008; PANWAR *et al.*, 2008). Os FMAs pertencem ao filo Glomeromycota (SCHÜBLER *et al.*, 2001), são cosmopolitas e biotróficos obrigatórios (BEDINI *et al.*, 2007), ou seja, não podem completar seu ciclo de vida na ausência de uma planta hospedeira compatível e, por essa razão, não podem ser multiplicados em cultura pura (KUYPER *et al.*, 2004). Sua origem e disseminação ainda são pouco conhecidas, mas, diversos autores afirmam que estes organismos coevoluiram com as plantas terrestres. Uma teoria considera que a evolução e diversificação destes organismos só foi possível devido à associação entre uma alga semi-aquática e um microbionte ancestral aquático pertencente aos Chromistas. A segunda considera que o ancestral dos FMA teria afinidade com um Zigomiceto saprofítico de hábito terrestre.

As micorrizas arbusculares exercem enorme efeito na fisiologia das plantas, entre os benefícios estão a maior absorção de fósforo, nitrogênio e outros nutrientes do solo, aumento da resistência a doenças, a diminuição dos estresses causados por fatores diversos como metais pesados e estresses hídricos. Por isso, proporciona maior adaptabilidade ao ambiente, maior sobrevivência de mudas transplantadas, redução nas perdas provocadas por fatores bióticos, maior produtividade em solos pobres e locais adversos e maior tolerância da planta aos estresses abióticos (GARCIA *et al.*, 2004).

Em agroecossistemas, estes organismos são um importante componente da comunidade fúngica do solo, representando cerca de 30% do total da biomassa microbiana (OLSSON *et al.*, 1999). Os FMAs podem ser encontrados em plantas herbáceas, arbustivas ou arbóreas que ocupam os mais diversos ecossistemas, como florestas, desertos, dunas, savanas,

campos e agrossistemas (GREGORY *et al.*, 2006; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Eles invariavelmente associam-se à maioria das plantas nativas dos trópicos e espécies de interesse econômico como café, soja, milho, sorgo, maçã, citrus, feijão, dentre outras (SIQUEIRA *et al.*, 2002, MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). No entanto, algumas famílias e gêneros de plantas não formam esta simbiose; estas incluem as *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Cyperaceae*, *Juncaceae*, *Chenopodiaceae* e *Amaranthaceae* (embora cada uma dessas famílias tenha alguns representantes que são colonizadas pelos FMAs) (KUYPER *et al.*, 2004).

Os efeitos benéficos essenciais que os fungos micorrízicos arbusculares têm sobre as plantas são resultados da sua capacidade em absorver nutrientes na sua forma inorgânica (mineral), também absorvem em forma orgânica (P orgânico e aminoácidos) mais eficientemente e de forma menos onerosa. Portanto, o papel que estes organismos desempenham para a nutrição das plantas é mais relevante sob condições de baixa disponibilidade de nutrientes, tais como os comumente encontrados nos agroecossistemas tropicais (SMITH; READ, 1997; KUYPER *et al.*, 2004).

Como os FMAs são fundamentais para a biota do solo, fertilidade do solo e nutrição de plantas, esses podem ser empregados na avaliação do impacto das práticas agronômicas sobre a qualidade do solo (BEDINI *et al.*, 2007). Dentre os benefícios que os FMAs propiciam às plantas nativas e cultivadas, destaca-se o aumento no crescimento da parte aérea e do potencial reprodutivo (SMITH; READ, 1997). Esses benefícios são atribuídos primariamente ao aumento na absorção e transporte de fósforo pelas hifas fúngicas além da zona de depleção radicular de P no solo. A planta hospedeira, por outro lado, fornece carbono e fatores essenciais para o crescimento do fungo e sua reprodução (SIQUEIRA *et al.*, 1985).

## 1.2 Sistemas de Manejo do solo no estado do Maranhão

O Maranhão localiza-se numa posição geográfica, considerada de transição, com características ambientais das regiões nordeste (quente e seco) e do norte (quente e úmido) do país. Do ponto de vista agrônomo, o solo e clima são fatores de destaque, visto que tecnologias geradas em outros locais dificilmente podem solucionar os graves problemas da agricultura familiar regional.

No Maranhão se destacam dois sistemas de uso da terra: Sistema Convencional e Roça-no-Toco ou itinerante. Em escala experimental destaca-se o sistema de cultivo em aléias de leguminosas arbóreas, uma alternativa ao sistema itinerante.

No sistema convencional tem como premissa o revolvimento do solo, normalmente isto é feito através de arações e gradagens ou o uso intenso de grades aradoras pesadas como implemento do preparo primário da área para o plantio.

O sistema de cultivo denominado Roça-no-toco, também conhecido como corte-e-queima, é baseado na derrubada e queima da vegetação para a fertilização do solo. Normalmente a área é aproveitada durante um ou dois períodos de cultivo. Após o declínio da fertilidade do solo, segue um período de pousio por alguns anos com o intuito de restaurar a fertilidade do solo, através do acúmulo de matéria orgânica e concentração dos nutrientes na biomassa vegetal até ser queimada novamente (SIMINSKI et. al., 2007).

A implantação e o manejo de sistemas agrícolas sustentáveis é um grande desafio para a grande maioria dos agricultores, principalmente, para aqueles que ainda utilizam o sistema itinerante de corte-e-queima, empregando as cinzas para corrigir e fertilizar o solo. Entre as principais causas da degradação está a ausência de alternativas tecnológicas ao sistema de agricultura de corte-e-queima e o caráter extrativista do uso das áreas de pastagens (FORTES et al., 2006).

Os efeitos deletérios da agricultura itinerante são percebidos pela rápida degradação da matéria orgânica e perda de nutrientes mais voláteis, redução da biodiversidade, elevadas perdas de solo, ocasionado erosão devido lixiviação do solo (FERRAZ JÚNIOR *et al.* 2006).

Os sistemas de produção com bases agroecológicas surgem como alternativas promissoras a este modelo econômico, social e ambientalmente inadequado de agricultura. O plantio direto em aléias de leguminosas é uma estratégia que tem demonstrado excelentes resultados em substituição à agricultura itinerante de corte e queima (FERRAZ JÚNIOR *et al.*, 2006). São inúmeros os benefícios deste sistema de cultivo, como a proteção do solo contra a insolação e erosão, ciclagem de nutrientes, aumento dos teores de matéria orgânica no solo, além de permitir o cultivo continuado da mesma área, poupando áreas de vegetação nativa que seriam degradadas pela agricultura tradicional de corte e queima.

Para Neves (2006), agroecossistema sustentável é o que mantém a base de recursos da qual depende, conta com um uso mínimo de insumos artificiais vindos de fora do sistema de produção agrícola, maneja pragas e doenças através de mecanismos reguladores internos capazes de se recuperar de perturbações causadas pelo manejo e colheita. Portanto, um agroecossistema que continua produtivo por um longo período de tempo sem degradar sua base de recursos - quer localmente, quer em outros lugares - pode ser dito sustentável. Em comparação com monocultura, tais sistemas podem beneficiar o aumento da produtividade, o aumento da estabilidade da produção e o aumento da sustentabilidade (ONG *et al.*, 2004).

O manejo adequado do solo e dos recursos naturais é vital para a sustentabilidade dos sistemas familiares, os quais devem considerar as diversas condições do ambiente que vivem (MOURA, 2006). A associação micorrízica arbuscular torna-se de extrema importância em solos de baixa fertilidade e degradados, onde favorece o estabelecimento das plantas, o uso de nutrientes, a exemplo do fósforo, cobre e zinco, auxilia a fixação biológica do

nitrogênio nas leguminosas, com reflexo para a sustentabilidade do ambiente (JOHNSON; PFLEGER, 1992; SMITH; READ, 1997).

Maior ênfase está sendo colocada na exploração de microrganismos indígenas do solo que contribuem para a fertilidade do solo, o aumento do crescimento e proteção das plantas. No entanto, estudos destes microrganismos no solo funcionam como ferramenta potencial para a agricultura sustentável, porém são escassos nestes sistemas.

### **1.3 Fungos micorrízicos arbusculares em agroecossistemas**

As micorrizas arbusculares tornaram-se componentes essenciais na sustentabilidade e parte integrante das comunidades vegetais em ambos os ecossistemas naturais e agrícolas.

As comunidades de fungos micorrízicos arbusculares podem ser influenciadas por vários fatores, incluindo o nível de perturbação sofrido pelo solo, indicando a dinâmica das comunidades destes fungos em função da condição de ambiente, a exemplo do tipo de ecossistema ou cobertura vegetal (STÜRMER; SIQUEIRA, 2006).

Diversos estudos sobre a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares realizados em níveis de família e gêneros podem fornecer pistas importantes sobre os padrões de diversidade de espécies (SCHLUTER; RICKLEFS, 1993), Glomeraceae, por exemplo, é dominante em agroecossistemas, cerrado e áreas de florestas, enquanto Gigasporaceae dominam dunas de areia (STÜRMER; SIQUEIRA, 2006). Enquanto que Daniell *et al.*, 2001 relatam que os gêneros *Acaulospora* e *Gigaspora*, geralmente são abundantes em comunidades não perturbadas. No entanto, a composição das comunidades de FMAs nos diferentes sistemas pode ser bastante variável. Por exemplo, três espécies de *Acaulospora* (A.

*scrobiculata*, *A. morrowiae* e *A. mellea*) foram mais freqüentemente encontradas em solos sob cafeeiro, enquanto que em área de cerrado, *Scutellospora pellucida*, *Gigaspora margarita* e *Paraglomus diaphanum* foram às espécies predominantes (SIQUEIRA *et al.*, 2002; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Estudos têm sugerido que os fungos com gênero *Glomus* são predominantes nos agroecossistemas, cerrado, floresta e plantações de café. Apenas em dunas de areia *Scutellospora* predomina seguida por *Glomus* e área contaminada por metais pesados, *Acaulospora* e *Scutellospora* dominam (STURMER; SIQUEIRA, 2006).

Apesar do conceito de diversidade ser a princípio de fácil percepção, a sua medição tem-se mostrado complexa por envolver dois componentes. O primeiro é o número de espécies ou riqueza de espécies e o segundo é a abundância relativa de cada espécie (MAGURRAN, 1988). Porém, muitas vezes, a diversidade é equivocadamente definida, baseada apenas na riqueza de espécies. Tal equívoco reside no fato de que existem comunidades com alto índice de diversidade, mas com riqueza relativamente baixa de espécies, devido apresentarem alta equitabilidade, ou seja, grande homogeneidade numérica entre as espécies (PINTO-COELHO, 2000). No entanto, a freqüência de cada espécie pode fornecer uma medida se uma espécie é rara, comum ou abundante dentro de um ecossistema e se é direta ou indiretamente relacionados com esporulação de fungos (uma medida da abundância) (SAGGIN JÚNIOR; SIQUEIRA, 1996; STÜRMER; BELLEI, 1994; STURMER; SIQUEIRA, 2006).

Alterações na composição de espécies podem ocorrer mesmo sem alteração da diversidade. Franke-Snyder *et al.*, (2001) não observaram alteração da diversidade de comunidade de FMAs em cultivo de soja e milho sob manejo orgânico e convencional. Entretanto, Miranda *et al.*, (2005) observaram que a presença de diversas plantas hospedeiras no sistema aumenta a diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares no solo, ao longo do tempo de cultivo. A implantação da lavoura com culturas anuais favoreceu a

diversidade dos gêneros e de espécies de fungos micorrízicos arbusculares, em relação às pastagens puras ou consorciadas. Nessa última, a presença de leguminosas no consórcio beneficiou, também, o aparecimento de novos gêneros e de espécies de fungos em função do tempo de cultivo, em relação ao tratamento com pastagem pura.

Presume-se que a introdução de leguminosas em áreas degradadas aumenta o número de esporos e a diversidade das espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FRANCO *et al.*, 1995; CAPRONI *et al.*, 2005). Além disso, foi verificado que a idade do plantio de *Acacia mangium* interferiu na densidade de esporos, mas não no número de espécies de FMAs (CAPRONI *et al.*, 2005). Chiffot *et al.*, (2009) mostraram em seus trabalhos que árvores consorciadas com soja tem hospedado diferentes comunidades de fungos, o que sugere que os sistemas baseado em consórcio com árvores pode melhorar a riqueza de FMAs em relação às monoculturas.

Cardoso *et al.*, (2003) investigaram a distribuição vertical de esporos em Latossolos no café sob sistema agroflorestal e monocultivo (sem sombra) e levantaram a hipótese de que o número de esporos pode ser considerado indicador de incidência de micorrizas no solo. Estes autores observaram maior incidência de FMAs em camadas mais profundas do solo em sistema agroflorestal. Isto pode ser explicado pela maior quantidade de raízes que este sistema proporciona em relação ao sistema monocultivo de café. Outros autores como Abbott; Robson (1994) e Miranda *et al.*, (2005), observaram que as práticas de rotação de culturas são determinantes para assegurar a abundância micorrízica. Contudo, Oehl *et al.*, (2005) observaram maior abundância de esporos na superfície do solo independentemente do sistema de uso da terra, diminuindo, assim, com a profundidade do solo em todos os solos investigados. Em cada profundidade de solo, consideravelmente mais esporos foram encontrados nas pastagens do que nos cultivos de milho. Em termos de abundância, o número de esporos e distribuição vertical do vinhedo foi intermediário entre as

pastagens e os cultivos de milho. Isto mostra que a intensificação do uso da terra em oposição ao modo de produção biológico causa uma redução na abundância e diversidade de espécies esporulantes de FMAs em agroecossistema.

Silva Júnior e Cardoso (2006) avaliaram a colonização micorrízica arbuscular em pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spring) Schum), quando cultivados em sistema agroflorestal com seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss) Mull. Arg) e em monocultivo na Amazônia Central, nas duas épocas de estudo, observaram que a colonização micorrízica nos dois hospedeiros foi afetada pela estação do ano e pelo sistema de manejo, porém não ocorreu interação entre esses fatores. Tanto no cupuaçu quanto na pupunha, a colonização micorrízica foi maior no monocultivo, independentemente da época de coleta. Isto pode ser explicado porque os monocultivos caracterizam-se por sistemas em que o cupuaçu e a pupunha possuem maior disponibilidade de luz do que no sistema agroflorestal.

Em sistemas agroflorestais, árvores e culturas competem inevitavelmente por luz, nutrientes, umidade e outros recursos. A luz é o principal fator limitante para o crescimento da vegetação rasteira em sistemas agroflorestais, onde árvores reduzem a disponibilidade de luz para as linhas de culturas (BASAVRAJU *et al.*, 2001; REYNOLDS *et al.*, 2007; SHUKLA *et al.*, 2008). Trabalhos de Shukla *et al.* (2008) avaliando diferentes níveis de intensidade luminosa (25, 50, 67% e pleno sol) em *Eucalyptus tereticornis* e *Albizia procera* inoculadas com *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus intraradix* e *Glomus* sp comprovaram que a parte aérea, peso seco da planta e a absorção de fósforo aumentaram com a intensidade luminosa. Em condições controladas, a intensidade luminosa tem apresentado efeito regulador sobre a colonização micorrízica. Aumentos da disponibilidade de luz têm resultado maiores taxas de colonização (SMITH; READ, 1997; SHUKLA *et al.*, 2008).



Práticas culturais, tais como a lavoura, adubação química e aplicação de pesticida, afetam a ocorrência de FMA, com reflexo para a atividade biológica do solo (HELGASON *et al.*, 1998; BEDINI *et al.*, 2007). Além disto, a remoção da vegetação e a perda do horizonte superficial orgânico do solo, comum em áreas degradadas pela erosão e mineração promovem a perda parcial ou total dos propágulos dos FMA e redução na sua capacidade infectiva (SOUZA; SILVA, 1996; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), podendo afetar a sucessão vegetal, ao limitarem-se apenas às aquelas espécies vegetais capazes de crescer na ausência da simbiose. Esporos do gênero *Glomus*, por exemplo, forma-se apicalmente uma hifa esporígena e apresentam desde o início de sua formação, parede mais espessada e resistente ao ataque de microrganismos e predadores, e também aos estresses edáficos, podendo persistir por mais tempo no solo, do que aqueles formados a partir de vesículas (*Acaulospora* e *Entrophospora*) (Carrenho *et al.*, 2000). O mesmo foi observado por Voets *et al.*, (2006) que explica em seus trabalhos que o gênero *Glomus* têm a capacidade de re-estabelecer uma rede interligada após uma perturbação mecânica.

Como dito, práticas agronômicas convencionais podem afetar negativamente ou positivamente a eficiência, assim como trazer impacto potencial nestes micro-simbiontes. Mathimaran *et al.*, 2007 ao estudar dois sistemas observaram maior abundância de esporos de *Acaulospora scrobiculata* e *Scutellospora verrucosa* em solos com rotação milho-crotalária do que nos solos com milho contínuo. Estes resultados revelam que a rotação de cultura no milho-crotalária afetou significativamente a composição de esporos comparada com o monocultivo do milho. Autores como Johnson *et al.* (1992), sugerem que o cultivo convencional, provavelmente, tende a permitir apenas as espécies de FMAs capazes de tolerar altos níveis de nutrientes, podendo estes ser menos benéfico, ou talvez até mesmo prejudicial para as culturas.

Diante do exposto, pode-se dizer que o uso e manejo do solo podem afetar fortemente a abundância de FMA em agroecossistemas, embora as ligações entre os fatores de manejo e padrões específicos de abundância de FMA muitas vezes parecem ser inconsistentes porque depende de muitos fatores (JORDAN *et al.*, 2000).

Um número crescente de estudos demonstra que a alta população de FMA tende a se desenvolver em solos onde estejam reunidas condições de pousio e baixa quantidade de insumos no cultivo (BALTRUSCHAT; DEHNE, 1988; ROSEMEYER; GLIESSMAN, 1992; DOUDS *et al.*, 1994; KURLE; PFLEGER, 1994; GLAVEZ, 1995; BOSWELL *et al.*, 1998; DOUDS; MILLNER, 1999, JORDAN *et al.*, 2000). Sistemas de cultivo de alto *input*, muitas vezes não cumprem essas condições, e pode reduzir substancialmente a abundância e a diversidade de FMA (SMITH; READ, 1997; DOUDS; MILLNER, 1999; JORDAN, 2000).

Portanto, manejar adequadamente esta simbiose contribui para a sustentabilidade do sistema, além de aumentar as chances de sucesso da atividade agrícola, redução do uso de fertilizantes químicos e exploração de ampla gama de espécies vegetais hospedeiras destes fungos, em solo de baixa fertilidade natural (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

## REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The impact of agricultural practices on mycorrhizal fungi. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R. (Ed.). **Soil biota: management in sustainable farming systems**. Victoria, Australia: CSIRO, p.88-95. 1994.
- BALTRUSCHAT, H., and DEHNE, H. W. The occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhiza in agro-ecosystems. I. Influence of nitrogen fertilizer and green manure in continuous monoculture and in crop rotation on the inoculum potential of winter wheat. **Plant Soil** 107: 279–284. 1988.
- BASAVRAJU, T.B., POHRIS, H., GURURAJA, R.A.O. Pattern of light interception and yield of fingermillet in agroforestry systems under semiarid conditions. *Indian J For* 4(1):32–37. 2001.
- BEDINI, S., AVIO, L., ARGESE, E., GIOVANNETTI, M. Effects of long-term land use on arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein. 464 / **Agriculture, Ecosystems and Environment** 120. P. 463–466. 2007.
- BODDINGTON, C.L., and DODD, J.C., 2000, The effect of agricultural practices on the development of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. I. Field studies in an Indonesian ultisol. *Plant Soil* **218**: 137–144.
- BOSWELL, E.P., KOIDE, R.T., SHUMWAY, D.L., and ADDY, H.D. Winter wheat cover cropping, VA mycorrhizal fungi and maize growth and yield. *Agric. Ecos. Environ.* **67**: 55–65. 1998.
- BRUNDRETT, M.C. Diversity and classification of mycorrhizal fungi. *Biol. Rev.* 79: 473–495. 2004.
- CAPRONI, A. L., FRANCO, A. A., BERBARA, R. L. L., GRANHA, J. R. D. de O, MARINHO, N. F. Fungos micorrízicos arbusculares em estéril revegetado com *Acacia mangium*, após mineração de bauxita. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, jun. 2005.
- CARDOSO, I. M., BODDINGTON, C. JANSSEN, B.H., OENEMA, O., KUYPER, T.W. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. *Agroforestry system*. (58) p. 33-43. 2003.
- CARRENHO, R.; TRUFEM, S.; BONONI, V. L. R. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. *Acta bot. Bras.* 15(1): 115-124. 2001.
- CHIFFLOT, V., RIVEST, D.; OLIVIER, A., COGLIASTRO, A.; KHASA, D. Molecular analysis of arbuscular mycorrhizal community structure and spores distribution in tree-based

intercropping and forest systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131 (2009) 32–39.

DANIELL, T.J., HUSBAND, R., FITTER, A.H., YOUNG, J.P.W., 2001. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonizing arable crops. *FEMS Microbiol. Ecol.* 36, 203–209.

DOUDS, D. D. Relationships between hyphal and arbuscular colonization and sporulation in mycorrhiza of *Paspalum notatum*. *New Phytologist* 126: 233-237. 1994.

DOUDS, D.D., and MILLNER, P. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. *Agric. Ecos. Environ.* 74: 77–93. 1999.

FORTES, J.L.O.; BALIEIRO, F.C. & FRANCO, A.A. Leguminosas arbóreas como agentes de recuperação de áreas degradadas. *In: MOURA, E.G. (Org.). Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil: atributos; alterações; uso na produção familiar.* 1.ed. São Luiz: UEMA, 2004. p.101-132.

FERRAZ JÚNIOR, A.S.L., MOURA, E.G., AGUIAR, A.C.F. Plantio direto na palha de leguminosas em aléias uma alternativa para o uso sustentável dos solos do trópico úmido. *In: MOURA, E.G. & AGUIAR, A.C.F. (Org.). O desenvolvimento rural como forma de ampliação dos direitos no campo: princípios e tecnologias.* São Luís: UEMA, 2006. p. 221-238.

FRANCO, A. A. et al. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. *In: ESTEVES, F. (Ed.) Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas. Ecologia Brasiliensis.* Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. 616p. 1995.

FRANKE-SNYDER, M.; DOUDS JUNIOR, D.D.; GALVEZ, L.; PHILLIPS, J.G.; WAGONER, P.; DRINKWATER, L.; MORTON, J.B. Diversity of communities of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi present in conventional versus low-input agricultural sites in eastern Pennsylvania, USA. *Applied Soil Ecology*, v.16, p.35-48, 2001.

GARCIA, Martha Regina Lucizano; MELLO, Luiz Malcolm Mano de; CASSIOLATO, Ana Maria Rodrigues. Variáveis microbiológicas e produtividade do feijoeiro sob diferentes manejos do solo e calagem. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 39, n. 10, Oct. 2004.

GLAVEZ, L. An overwintering cover crop increases inoculums of VAM fungi in agricultural soil. *American Journal of Alternative Agriculture.* 10, p. 152-156. 1995.

GREGORY, P.J. *Growth, activity and interaction with soils. Plant roots.* Blackwell, Oxford. 2006.

HARRIER, L.A., and WATSON, C.A. The potential role of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in the bioprotection of plants against soil-borne pathogens in organic and/or other sustainable farming systems. *Pest Manag. Sci.* 60: 149–157. 2004.

HELGASON, T., DANIELL, T.J., HUSBAND, R., FITTER, A.H., YOUNG, J.P.W. Ploughing up the wood-wide web. *Nature* 394, 431. 1998.

JANOS, D.P. Vesicular arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain Forest plant growth. *Ecology*, v. 61, p. 151 – 162, 1980.

JASPER, D. A., L. K. ABBOTT & A. D. ROBSON. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 112 (1): 93-99. 1989.

JASPER, D. A., L. K. ABBOT & A. D. ROBSON. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. *New Phytologist*, 118 (2): 471-476. 1991.

JOHNSON, N. C. & F. L. PFLEGER. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. p. 71-97. In G. J. Bethlenfalvay & R. G. Linderman. (Ed.). **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. ASA/CSSA/SSSA, Madison. 124 p. 1992.

JOHANSSON, J. F.; PAUL, L. R.; FINLAY, R. D. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable. *Microbiology Ecology* 48 (2004) 1-13. 2004.

JORDAN, N.R., ZHANG, J., and HUERD, S. Arbuscular-mycorrhizal fungi: potential roles in weed management. *Weed Research*. **40**, p. 397–410. 2000.

KABIR, Z. OHALLORAN, I.P.; FYLES, J.W.; HAMEL, C. Seasonal changes of arbuscular mycorrhizal fungi as affected by tillage practices and fertilization: Hyphal density and mycorrhizal root colonization. *Plant and Soil*. V. 192, n.2 p. 285-293, 1997.

KURLE, J. E. and PFLEGER, F. L. Arbuscular mycorrhizal fungus spore populations respond to conversions between low-input and conventional management practices in a corn-soybean rotation. *Agronomy Journal*. 86, p. 467-475. 1994.

KUYPER, T.W.; CARDOSO, I.M.; ONGUENE, N.A.; NOORDWIJK, M. VAN Managing mycorrhiza in tropical multispecies agroecosystems *In: Below-ground interactions in tropical agroecosystems: concepts and models with multiple plant components / Noordwijk, M. van, Cadisch, G., Ong, C.K.. - Wallingford : CABI, - p. 243 - 261. 2004.*

MAGURRAN, A. E. Ecological diversity and its measurements. Princeton University Press, 1988. 179 p.

MATHIMARAN, N., RUH, A. R., JAMA, B., VERCHOT, L., FROSSARD, E., JANSA, J. Impact of agricultural management on arbuscular mycorrhizal fungal communities in Kenyan ferralsol. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 119, p. 22–32. 2007.

MILLER, M.H., MCGONIGLE, T.P., and ADDY, H.D., 1995, Functional ecology of vesicular arbuscular mycorrhizas as influenced by phosphate fertilization and tillage in an agricultural ecosystem. *Crit. Rev. Biotechnol.* **15**: 241–255.

MIRANDA, Jeanne Christine Claessen de; VILELA, Lourival; MIRANDA, Leo Nobre de. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 40, n. 10, Oct. 2005.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2006.

MOSSE, B., STRIBLEY, D. P & TACON, F. L Ecology of mycorrhizal fungi. In: Advances in Microbiology and Ecology, 5. (Ed. M alexander). P. 137-209. Plenum Press. New York, USA. 1981.

MOURA, E.G. **Agroambientes de transição avaliados numa perspectiva da agricultura familiar**. In: MOURA, E.G. (Org.). Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil: atributos, alternativas, usos na produção familiar. São Luís: UEMA, 2006, p.15-51.

MOZAFAR, A., ANKEN, T., RUH, R., and FROSSARD, E., 2000, Tillage intensity, mycorrhizal and nonmycorrhizal fungi, and nutrient concentrations in maize, wheat, and canola. *Agron. J.***92**: 1117–1124.

NEVES, D. P. Importância dos mediadores culturais para a Promoção do desenvolvimento social. *In: O desenvolvimento rural como forma de ampliação dos direitos no campo: princípios e tecnologias./* Organizado por Emanuel Gomes de Moura e Alana das Chagas Ferreira Aguiar. – São Luís: UEMA, 2006. (Série Agroecologia UEMA – volume II) p 35-62.

OEHL, F., SIEVERDING, E., INEICHEN, K., E. A., BOLLER, T. AND WIEMKEN A. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agroecosystems. *New Phytologist.* **165**: 273–283. 2005

OLSSON, P.A., THINGSTRUP, I., JAKOBSEN, I., BA<sup>o</sup>A<sup>o</sup>TH, E. Estimation of the biomass of arbuscular mycorrhizal fungi in a linseed field. *Soil Biol. Biochem.* 31, p. 1879–1887. 1999.

PANWAR, J., YADAV, R.S., YADAV, B.K. and TARAFDAR, J.C. Arbuscular Mycorrhizae: A Dynamic Microsymbiont for Sustainable Agriculture. *In: Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry /* Siddiqui, Z. A., Sayeed Akhtar, M. and Futai, K. – **Springer** – p. 159-176. 2008.

PINTO-COELHO, R. M. Fundamentos em ecologia. Porto Alegre: ArtMed Editora, 2000. 252 p.

- REYNOLDS, P.E., SIMPSON, J. A., THEVATHAS, N V., AN GORDON, A.M. Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth and yield in a temperate tree based agroforestry intercropping system in southern Ontario, Canada. **Ecol Eng.** 29:362–371. 2007.
- ROSEMEYER, M. E. & GLIESSMAN, S. R. Modifying traditional and high-input agroecosystems for optimization of microbial symbioses: a case study of dry beans in Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** 40, p 61- 70. 1992.
- SAGGIN JÚNIOR, O. J. & SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. *In*: Siqueira, J. O. (Ed) Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brazil, p. 203-254. 1996.
- SCHÜBLER, A., SCHWARZOTT, D., AND WALKER, C. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: Phylogeny and evolution. **Mycol. Res.** 105: 1413–1421. 2001.
- SHUKLA, A., KUMAR, A., JHA, A., CHATURVEDI, O. P., PRASAD, R., GUPTA, A., Effects of shade on arbuscular mycorrhizal colonization and growth of crops and tree seedlings in Central India. **Agroforest Syst.** 2008.
- SIDDIQUI, Z.A. and PICHTEL, J. Mycorrhizae: an overview. *In*: Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry / Siddiqui, Z. A., Sayeed Akhtar, M. and Futai, K. – **Springer** –p. 1-25. 2008.
- SILVA JUNIOR, J. P. da e CARDOSO, E. J. B. N. Micorriza arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.5, p.819-825, maio 2006.
- SIQUEIRA, J. O., LAMBAIS, M. R. e STURMER S. L. Fungos micorrízicos arbusculares. **Biotechnologia ciência e desenvolvimento.** N. 25. 2002.
- SIQUEIRA, J. O. SYLVIA, D. M., GIBSON, J. and HUBBELL, D. H. Spores germination, and germ tubes of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Microbiology* 31, p. 965-972. 1985.
- SMITH, S.E. & READ, D.J. Mycorrhizal symbiosis. 2.ed. San Diego, Academic Press, 605p. 1997.
- SOUZA, F.A. & SILVA, E.M.R. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. *In*: Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas (J.O. Siqueira, ed.). UFLA/DCS e DCF, Lavras, p.255-290. 1996.
- SOUZA, F. A., SILVA, I. C. L. & BERBARA, R. L. L. Fungos micorrízicos arbusculares: muito mais do que se imaginava. Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. Editora UFLA, 2008.
- STÜRMER, S. L. & BELLEI, M. M. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soil on the island of Santa Catarina, Brazil. *Canadian Journal of Botany* 72, 359-363. 1994.

SCHLUTER, D and RICKLEFS, R.E. (1993) Species diversity: an introduction to the problem. In: Ricklefs, R. E. and Schluter, D. (eds) Species Diversity in Ecological Communities – historical and geographical perspectives. The University of Chicago Press, Chicago, USA, pp. 1-10.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A.C. Roça-de-toco: uso de recursos florestais e dinâmica da paisagem rural no litoral de Santa Catarina. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.37, n.3, p.690-696, mai-jun, 2007.

STÜRMER, S.L. & SIQUEIRA, J.O. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazilian ecosystems. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSARD, L. (Eds). **Soil biodiversity an Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI-Publishing. 2006.

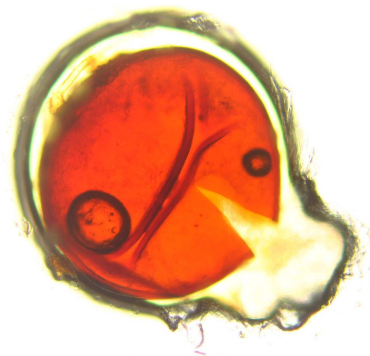
VOETS, L., de la Providencia, I.E., Declerck, S., 2006. Glomeraceae and Gigasporaceae differ in their ability to form hyphal networks. *New Phytol.* 172, 185–188.



**OCORRÊNCIA, RIQUEZA E POTENCIAL DE INÓCULO DE FUNGOS  
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA  
TERRA NO TRÓPICO ÚMIDO MARANHENSE.**

---

**CAPÍTULO II**



**OCORRÊNCIA, RIQUEZA E POTENCIAL DE INÓCULO DE FUNGOS  
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA  
TERRA NO TRÓPICO ÚMIDO MARANHENSE. <sup>(1)</sup>**

**Sylvia Leticia Oliveira Silva<sup>(2)</sup>, José Geraldo Donizetti dos Santos<sup>(3)</sup>, Cibely França  
Nogueira<sup>(4)</sup>, Caroen de Brito Rios<sup>(4)</sup>, Sidney Luiz Stürmer<sup>(5)</sup>, Emanuel Gomes Moura<sup>(6)</sup>  
Guillaume Xavier Rousseau<sup>(7)</sup> & Christoph Gehring<sup>(8)</sup>**

<sup>(1)</sup> Dissertação de mestrado do primeiro autor. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. Recebido para publicação em \_\_\_\_\_ de 2010 e aprovado em \_\_/\_\_/\_\_.

<sup>(2)</sup> Bolsista da CAPES, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. CEP 65.000-000. São Luís (MA). E-mail: [sloseng@yahoo.com.br](mailto:sloseng@yahoo.com.br)

<sup>(3)</sup> Professor Adjunto I da Universidade Federal do Tocantins – UFT/EMVZ. CEP 77804-970 Araguaína -TO. E-mail: [jgsanttos@uft.edu.br](mailto:jgsanttos@uft.edu.br)

<sup>(4)</sup> Alunas do curso de graduação em Agronomia. E-mails: [cibely.franca@hotmail.com](mailto:cibely.franca@hotmail.com); [karol\\_brios@hotmail.com](mailto:karol_brios@hotmail.com)

<sup>(5)</sup> Professor Adjunto I da Fundação Regional de Blumenau – FURB/SC. CEP 77804-970 Blumenau -SC. E-mail: [sturmer@furb.br](mailto:sturmer@furb.br)

<sup>(6)</sup> Professor Adjunto da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. CEP São Luís -MA. E-mail: [egmoura@elo.com.br](mailto:egmoura@elo.com.br)

<sup>(7)</sup> Pesquisador do Mestrado em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, UEMA. E-mail: [guilirous@yahoo.ca](mailto:guilirous@yahoo.ca)

<sup>(8)</sup> Pesquisador do Mestrado em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, UEMA. E-mail: [christophgehring@yahoo.com.br](mailto:christophgehring@yahoo.com.br)

## OCORRÊNCIA, RIQUEZA E POTENCIAL DE INÓCULO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA NO TRÓPICO ÚMIDO MARANHENSE.

Sylvia Letícia Oliveira Silva, José Geraldo Donizetti dos Santos, Cibely França Nogueira, Caroen de Brito Rios, Sidney Luiz Sturmer, Emanuel Gomes de Moura; Guillaume Xavier Rousseau & Christoph Gehring

### RESUMO

Para estudar a riqueza de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nativos, nos sistemas de uso da terra adotado por agricultores familiares no Centro-Norte Maranhense, foram efetuadas avaliações quantitativa e qualitativa desses fungos, no período chuvoso. O experimento foi conduzido no Município de Miranda do Norte sob um Plintossolo Argilúvico distrófico. Os sistemas estudados foram: Roça-no-toco ou agricultura itinerante de corte-e-queima; Sistema sob Cultivo convencional; Pastagem degradada; Plantio direto sob sistema de Aléias com três anos de implantação; Plantio direto sob sistema de Aléias com seis anos de implantação; Área referência com vegetação nativa arbórea, capoeira, com quatro repetições. As amostras de solos foram coletadas a uma profundidade de 0-20 cm, em junho de 2008. O número total de esporos foi determinado com base em amostras de 100 mL de solo pelo método de peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963) e posteriormente observado em microscópio estereoscópico, ocasião na qual se determinou número de grupos de FMAs com base na morfologia dos esporos (morfotipos). A taxa de colonização micorrízica do caupi (*Vigna unguiculata*) em vasos armadilha com solo destas áreas foi avaliada pelo método da placa quadriculada em microscópio estereoscópico segundo metodologia de Giovannetti & Mosse (1980). A maior quantidade de esporos foi observada na capoeira, cerca de 1030 esporos, seguida de cultivo convencional com quase 700 esporos 100 mL<sup>-1</sup>. As demais áreas foram inferiores e não diferiram entre si, com destaque a roça-no-toco com pouco mais de 200 esporos 100 mL<sup>-1</sup>. Dos sete gêneros de FMAs, somente *Entrophospora* não foi encontrado nas áreas estudadas. Os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* foram encontrados em todas as áreas, estando sempre com maior porcentagem de espécies em relação aos demais gêneros encontrados. O gênero *Gisgasporea* foi encontrado somente no sistema sob Cultivo convencional e Capoeira, *Scutellospora* só não foi encontrado na Capoeira; *Archaeospora* foi encontrado na Pastagem, Aléia 3 anos e Aléia 6 anos e *Paraglomus* somente nas áreas de

Aléias. Os fungos apresentaram alta colonização e não tiveram relação com a densidade de esporos. Todas as áreas estudadas apresentaram comunidades indígenas de FMA capazes de colonizar abundantemente as raízes do feijão caupi, com taxa média mínima superior a 40%. O sistema de uso da terra alterou a composição das comunidades de fungos micorrízicos arbusculares. A riqueza de fungos micorrízicos pode ser utilizada como indicador da estabilidade nos diferentes sistemas de uso da terra. As áreas de pastagem e aléia 6 anos foram os sistemas menos restritos para as comunidades de fungos micorrízicos, e os sistemas de roça-no-toco e cultivo convencional os mais restritos. Pode-se concluir que existem um considerável potencial para encontrar espécies de fungos micorrízicos arbusculares ainda não identificado sob os agrossistemas.

**Termos de indexação:** FMAs nativos; esporos, colonização micorrízica, caupi, sistemas de uso da terra.

## OCCURRENCE AND WEALTH INOCULUM POTENTIAL OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI UNDER DIFFERENT LAND USE SYSTEMS IN THE HUMID TROPICS MARANHENSE.

Sylvia Letícia Oliveira Silva, José Geraldo Donizetti dos Santos, Cibely França Nogueira, Caroen de Brito Rios, Sidney Luiz Sturmer, Emanuel Gomes de Moura; Guillaume Xavier Rousseau & Christoph Gehring

### SUMMARY

For studying the dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), the systems of land use adopted by farmers in central and northern Maranhão, were performed quantitative and qualitative assessments of these fungi in the rainy season. The experiment was conducted in the municipality of Miranda do Norte under a Plintossolo Argiluvic Dystrophic. The systems studied were: Roca-no-play shifting cultivation or slash-and-burn system; under conventional cultivation, degraded pasture, tillage System alleys with three years of implementation, tillage System of Alleys with six years deployment; reference area with native trees, shrubs, with four replications. Soil samples were collected at a depth of 0-20 cm in June 2008. The total number of spores was determined based on samples of 100 mL of soil by wet sieving method (Gerdemann & Nicolson, 1963) and subsequently observed using a stereoscopic microscope, at which time it was determined number of groups of AMF based on morphology spores (morphotypes). The rate of colonization of cowpea (*Vigna unguiculata*) in pots with soil trap these areas was evaluated by a board checkered stereoscopic microscope according to the methodology Giovannetti & Mosse (1980). The largest amount of spores was found in poultry, about 1030 spores, followed by conventional tillage with almost 700 spores 100 mL<sup>-1</sup>. The other areas were lower and not different, especially the farm-to-play with just over 200 spores 100 mL<sup>-1</sup>. Of the seven genera of AMF, only *Entrophospora* was not found in the studied areas. The genera *Glomus* and *Acaulospora* were found in all areas, always with the greatest percentage of species in relation to other genera found. The genus *Gigaspora* was only found in the system under conventional cultivation and Capoeira, *Scutellospora* was found not only in Capoeira; *Archaeospora* was found in the Grassland, Alley 3 years and Alley 6 years and only in *Paraglomus* areas Alleys. The fungi showed high colonization and had no relation with the density of spores. All the areas studied are indigenous AMF can colonize the roots plenty of cowpea, with an average minimum of more than 40%. The system

of land use has changed the community composition of arbuscular mycorrhizal fungi. The richness of mycorrhizal fungi can be used as an indicator of stability in different systems of land use. Grazing areas and alley 6 years were less restricted systems for communities of mycorrhizal fungi, and systems of farm-to-stump and conventional tillage with stricter. It can be concluded that there is considerable potential for finding species of mycorrhizal fungi have not identified under the agrossistemas.

**Indexing terms:** indigenous AMF, spores, colonization, cowpea, systems of land use.

## INTRODUÇÃO

O Maranhão é um estado tipicamente agrário e grande parte da sua população ainda sobrevive da agricultura familiar. A implantação e o manejo de sistemas agrícolas sustentáveis é um grande desafio para a grande maioria dos agricultores, principalmente, para aqueles que ainda utilizam o sistema itinerante de corte-e-queima, empregando as cinzas para corrigir e fertilizar o solo. Entre as principais causas da degradação está à ausência de alternativas tecnológicas ao sistema de agricultura de corte-e-queima e o caráter extrativista do uso das áreas de pastagens.

Os sistemas de produção com bases agroecológicas surgem como alternativas promissoras a este modelo econômico, social e ambientalmente inadequado de agricultura. O plantio direto sob aléias de leguminosas é uma estratégia que tem demonstrado excelentes resultados em substituição à agricultura itinerante de corte-e-queima (Ferraz Júnior *et al.*, 2006; Moura *et al.*, 2006). São inúmeros os benefícios deste sistema de cultivo, como a proteção do solo contra a insolação, ciclagem de nutrientes, aumento dos teores de matéria orgânica no solo, além de permitir o cultivo continuado da mesma área, poupando as glebas de vegetação nativa que seriam degradadas pela agricultura tradicional e itinerante de corte-e-queima. No entanto, pouco se sabe a respeito da influência deste sistema de cultivo sobre comunidades nativas de microrganismos do solo, em especial grupos funcionais como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), os quais podem ser empregados em estudos de indicadores biológicos da qualidade e manejo do solo (Moreira & Siqueira, 2006). Dentre outras funções importantes, este grupo de microrganismos auxilia a nutrição e o adequado crescimento das plantas, principalmente, sob solos de baixa fertilidade, situação predominante nas áreas de agricultura familiar no trópico úmido.

Manejar adequadamente esta simbiose contribui para a sustentabilidade do sistema, além de aumentar as chances de sucesso da atividade agrícola, tem-se uma redução no uso de fertilizantes químicos e maior diversidade de espécies hospedeiras destes fungos em solo de baixa fertilidade natural (Moreira & Siqueira, 2006). Esta condição é amplamente encontrada nas propriedades agrícolas maranhenses de base familiar.

Segundo Stürmer & Siqueira (2006), a presença e a identificação de esporos na rizosfera ou no solo são os métodos mais adequados e amplamente empregados para estimar a abundância e riqueza de espécies de FMA nas áreas estudadas. As espécies de FMA representam um grupo chave de organismos do solo que pode potencialmente influenciar a

produtividade do solo, a diversidade acima e abaixo do solo e as características bióticas e abióticas relacionadas com a sustentabilidade do agroecossistema.

Em sistema de Cultivo convencional, por exemplo, foi observado por Johnson (1993) que o aumento da adubação altera a composição de espécies das comunidades de FMAs. Neste estudo foi observado diminuição na abundância relativa de *Gigaspora gigantea*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora calospora* e *Glomus occultum*, enquanto *Glomus intraradix* aumentou em resposta à adubação. Outros autores como Abbott & Robson (1994) e Miranda *et al.* (2005), observaram que as práticas de rotação de culturas são determinantes para assegurar a abundância micorrízica.

O uso de microrganismos com a finalidade de melhorar a disponibilidade de nutrientes às plantas é uma prática de grande importância e necessária para a agricultura. Estudos relacionados à ecologia dos FMA são essenciais para se planejar o uso efetivo desses fungos na agricultura comercial ou conhecer sua atividade como componente do ecossistema como um todo (Fitter, 1991).

O objetivo deste estudo foi investigar a ocorrência, riqueza e capacidade de estabelecimento de simbiose pela comunidade indígena de fungos micorrízicos arbusculares em relação ao uso e manejo do solo em agroecossistemas de produção familiar no Centro-norte Maranhense.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local de estudo**

A área estudada localiza-se no assentamento do INCRA denominado Tico-tico, município de Miranda do Norte-MA, a 3° 36' de latitude sul e 45° 24' de longitude oeste e área aproximada de 332,43 ha. O clima do local é caracterizado como subúmido, com temperatura média anual superior a 27 °C. A precipitação anual total é 2.270 mm e a estação chuvosa é de dezembro a maio. O solo do assentamento Tico-tico foi classificado como Plintossolo Argilúvico distrófico típico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (EMBRAPA, 2006). Foram estudadas seis áreas em adjacência, sendo que as quatro áreas de agricultura foram anteriormente cultivadas com caupi, distintas quanto ao sistema de manejo do solo: 1- Área sob cultivo convencional (uma aração seguida de gradagem); 2- Cultivo itinerante com corte e queima da vegetação nativa, também conhecida como roça-no-



toco; 3- Plantio direto sob sistema de Aléias de *Clitoria fairchildiana*, uma leguminosa localmente conhecida por sombreiro, com três anos de implantação; 4- Plantio direto sob sistema de Aléias com sombreiro, com seis anos de implantação. Também foi estudada uma área de pastagem de *Brachiaria brizantha*, sob acelerado estado de degradação, com ocorrência de plantas do gênero *Cyperus* e a palmeira babaçu (*Attalea speciosa*) e uma sexta área com vegetação nativa de capoeira com aproximadamente 20 anos e predominância de tucum (*Astrocaryum vulgare*), babaçu, jurubeba (*Solanum paniculatum* L.) e sansão (*Mimosa cae salpineaefolia*).

### **Amostragem de solo a campo e preparo das amostras**

As amostras de solo para a avaliação comunidade nativas de FMA foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm, com auxílio de um trado no mês de junho de 2008, referente ao final do período chuvoso. Outra amostragem de solo foi realizada em junho de 2009 para condução do bionsaio em casa de vegetação. De cada um dos seis tratamentos tomou-se quatro amostras compostas formadas por cinco subamostras cada, retiradas em pontos aleatórios da área. Cada amostra de solo composta foi homogeneizada, seca à sombra, peneirada e individualmente acondicionada em saco plástico e mantida refrigerada a 4° C até o momento da extração de esporos. Uma porção de cada amostra já seca foi empregada nas análises químicas do solo, conforme apresentado na tabela 1.

### **Extração de esporos e identificação dos fungos micorrízicos arbusculares**

Para as extrações dos esporos de FMA, utilizou-se cerca de 100 mL de solo de cada amostra composta seca ao ar. Os esporos foram obtidos pelo método de peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963), com peneiras de abertura de 740 e 53 µm de diâmetro e posteriormente centrifugadas em sacarose 50% (Jenkis, 1964). Na seqüência os esporos foram separados por morfotipos e contados em microscópio estereoscópico (aumento de 40x) com luz refletida.

Para as determinações qualitativas (identificação de espécies), os esporos foram fixados com PVLG (Álcool polivinílico ácido láctico glicerol) e PVLG e Melzer em lâminas microscópicas e observados em microscópio óptico composto. As identificações das espécies

foram feitas de acordo com as características morfológicas das espécies destes fungos já descritas na base de dados do INVAM (<http://invam.caf.wvu.edu>). Estas avaliações foram realizadas no Laboratório da Universidade Regional de Blumenau (FURB)-SC.

### **Bioensaio de colonização micorrízica**

Para a determinação do potencial de inóculo das comunidades nativas de FMA em colonizarem um dado hospedeiro foi conduzido um bioensaio em casa de vegetação do Núcleo de Tecnologia Rural da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

O solo recebeu calagem, pelo método da saturação por bases para se elevar o valor V para 60% (Raij, 1991), aplicou-se também cerca de 60 mg de P dm<sup>-3</sup> de solo, via superfosfato triplo, segundo recomendação para este tipo de estudo (Colozzi-Filho & Balota, 1994). O feijão caupi (*Vigna unguiculata*), cultivar BRS-Guariba, foi empregado como planta hospedeira neste estudo. Após desinfestação superficial com hipoclorito de sódio a 1% (3 minutos) e lavagem abundante em água destilada, cinco sementes foram semeadas em vasos de 3 l, contendo o solo de cada uma das áreas estudadas. Cada vaso recebeu quinzenalmente cinco mL kg<sup>-1</sup> de solo da solução nutritiva de “Hoagland” (Hoagland & Arnon, 1950), sem fósforo.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente ao acaso, com quatro repetições. Após o desbaste foram deixadas apenas duas plântulas por vaso. O corte das plantas foi realizado na base do caule, aos 60 dias após a semeadura. Retiraram-se amostras de raízes (nas porções superiores, medianas e terminais do sistema radicular do feijoeiro), as quais foram colocadas em solução conservante (álcool 70%) para posterior avaliação da colonização micorrízica. No preparo da amostra para esta avaliação foi usado o método da placa quadriculada em microscópio estereoscópico (Giovannetti & Mosse, 1980).

### **Cálculos dos dados**

Diferenças na composição da comunidade de FMA entre os seis locais estudados foram investigados por meio da avaliação de riqueza de espécie, frequência de isolamento e densidade de esporos. A riqueza de espécies foi definida pelo número de espécies de FMA por amostra. Frequência de isolamento foi calculada pela determinação da porcentagem de

amostras que os esporos de uma determinada espécie foram encontrados. As espécies foram ordenadas em quatro categorias, baseada em sua frequência de isolamento (IF) segundo Zhang (2004): espécie dominante ( $IF > 75\%$ ), espécie mais comum ( $50 > IF < 75\%$ ), espécie comum ( $25 > IF < 50\%$ ), e espécies raras ( $IF \leq 10\%$ ). A densidade de esporos (esporos por 100 mL de solo seco ao ar) foi calculada a partir de contagem direta de esporos de FMA.

### **Análise estatística**

Os dados de densidade de esporos não apresentavam distribuição normal, por isso foram transformados em Log n. Os valores percentuais da colonização apresentaram distribuição normal e foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para a análise dos tratamentos no delineamento em blocos casualizado foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O índice de similaridade da composição de fungos micorrízicos arbusculares foi realizado entre os sistemas de uso da terra utilizando o índice de Jaccard e a construção no método de média de grupo (UPGMA), onde o agrupamento foi feito a partir da média aritmética dos seus elementos. Na análise de classificação foram utilizados as funções “Matriz”, “coeficiente” e “Cluster” do Programa FITOPAC (Shepherd, 1994).

## **RESULTADOS**

### **Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares**

As diferenças na densidade total de esporos entre as áreas estudadas não foram significativas. Todas as amostras de solo avaliadas apresentaram esporos de FMA em quantidade e morfotipos variados, sendo encontrada situação com mais de 1000 esporos 100 mL<sup>-1</sup> e nenhuma inferior a 200 esporos. A maior quantidade de esporos foi observada na capoeira, cerca de 1.030 esporos ( $p=0,09$ ), seguida de área de cultivo convencional com quase 700 esporos 100 mL<sup>-1</sup>. A área de menor quantidade de esporos foi a roça-no-toco com pouco mais de 200 esporos 100 mL<sup>-1</sup> (Figura 1).

## Composição da comunidade de FMA

Um total de 37 espécies de FMA foi encontrado nas 24 amostras de solo coletadas nas seis áreas estudadas (Tabela 2). Desse total, 21 espécies (cerca de 57%) foram identificadas até espécie, enquanto para as outras 16 espécies esta identificação foi possível apenas até gênero.

De modo geral, as espécies mais raras foram *Acaulospora foveata* Trappe & Janos, *Acaulospora* sp3, *Acaulospora* sp4, *Acaulospora* sp5, *Acaulospora* sp6, *Glomus sinuosum* (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck, *G. rubiforme* (Gerd. & Trappe) Almeida & Schenck, *G. etunicatum* Becker & Gerdemann, *Glomus* sp2, *Glomus* sp4, *Glomus* sp7, *Scutellospora heterogama* (Nicol. & Gerdemann) Walker & Sanders, *S. pernambucana* e *Archaeospora trappei* (Ames & Linderman) Morton & Redecker. O *Glomus brown* e o *Glomus* sp 6 foram às espécies mais frequentes nas áreas estudadas, com destaque para o *G. brown*, o qual foi recuperado de todas as amostras avaliadas (Tabela 2).

Foram encontradas 16 espécies pertencentes ao gênero *Acaulospora* Gerd. & Trappe emend. Berch, 13 do gênero *Glomus* Tulasne & Tulasne, 4 do gênero *Scutellospora* Walker & Sanders, 2 do gênero *Archaeospora* Morton & Redecker e apenas uma espécie pertencente aos gêneros *Paraglomus* Morton & Redecker e *Gigaspora* Gerd. & Trappe, respectivamente.

Os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* ocorreram em todas as áreas (Figura 4), estando sempre com maior porcentagem de espécies em relação aos demais gêneros encontrados. O gênero *Gigaspora* foi encontrado somente nos sistemas de Cultivo convencional e Capoeira. *Scutellospora* não foi encontrado somente na capoeira, *Archaeospora* foi encontrado na pastagem e nos dois sistemas aléias, enquanto o gênero e *Paraglomus* foram observados apenas em amostras de solo coletadas nas áreas de Aléias.

Quanto à distribuição do total de espécies de FMA entre as áreas estudadas, observou-se que o sistema de uso da terra com roça-no-toco apresentou menor número de espécies destes fungos, apenas 13 das 37 espécies identificadas e também menor número de espécies dominantes (*Glomus brown*, *Glomus* sp5, *Glomus* sp6). Enquanto que na área de aléias seis anos, obteve-se o maior número de espécies, 23, e a maior quantidade das espécies raras também foram encontradas neste sistema de uso da terra (Tabela 2).

A riqueza média de espécies de FMA foi significativamente alta na pastagem ( $p=0,02$ ) (11, 25 espécies por 100 mL de solo seco) seguida da aléia 6 anos (9,5 espécies por 100 mL de solo seco), aléia 3 anos (8,5 espécies por 100 mL de solo seco), capoeira (8 espécies por 100 mL de solo seco) e convencional (7,25 espécies por 100 mL de solo seco). A menor

riqueza média foi observada no sistema de corte e queima (5,25 espécies por 100 mL de solo seco) (Figura 2).

A partir dos dados de frequência de espécies procedeu-se uma análise de agrupamento, cujo dendrograma encontra-se na Figura 3. A análise de agrupamento identificou dois grupos com 36% de similaridade. O primeiro teve maior similaridade entre as áreas de Pastagem e Aléia 3 anos (58%) e destas para com aléia 6 anos em torno de 52%. O segundo grupo teve maior similaridade entre a Roça-no-toco e Cultivo convencional (50%) e destes com a área de Capoeira em torno de 45%.

### **Potencial de inóculo da comunidade nativa de FMA**

Todas as áreas estudadas apresentaram comunidades indígenas de FMA capazes de colonizar abundantemente as raízes do caupi, com taxa média mínima superior a 40% (Figura 5), teve efeito do sistema de uso e manejo das áreas sobre esta variável ( $p=0,05$ ). Nenhuma correlação ( $p=0,03$ ) foi verificada entre a taxa de colonização e a densidade de esporos (Figura 6).

## **DISCUSSÃO**

Neste estudo, relatamos pela primeira vez a ocorrência de FMAs em diferentes sistemas de uso da terra no Maranhão. Embora, neste estudo tenha encontrado 37 espécies de fungos, dentro da faixa encontrada em ecossistemas naturais ou manejados de acordo com os trabalhos levantados por Douds & Millner (1999), reconhecemos que este número não representa a diversidade total de FMA que ocorre nesses agroecossistemas, uma vez que foram encontrados muitos esporos mortos e de difícil identificação.

A densidade, a riqueza e a colonização micorrízica podem ser influenciadas pela vegetação, pelo nível de fósforo e pH do solo (Uhlmann *et al.*, 2004). Como os valores de pH do solo não apresentaram grandes variações entre as áreas estudadas é provável que este parâmetro não tivesse relação com os resultados de esporulação dos FMA nativos, aqui apresentados. Assim, outros atributos como os níveis de fósforo no solo e os padrões de

vegetação específicos de cada área podem ser assumidos a desempenhar um papel crítico no controle da diversidade de FMA neste estudo.

Em nosso trabalho foi encontrada alta densidade de esporos na área da capoeira (1.030 esporos/100 mL de solo) este fato pode ser explicado admitindo-se que, à medida que o volume de raízes aumenta (de pioneira a clímax), aumentam-se as possibilidades de “iscagem” dos FMA, uma vez que existe quantidade maior de raízes em contato com os propágulos destes organismos (Carrenho *et al.*, 2001). Além disso, um número crescente de estudos tem demonstrado que a alta população de FMA tende a se desenvolver em solos onde estejam reunidas condições de pousio e baixa quantidade de insumos no cultivo, assim como área em processo de regeneração natural da cobertura vegetal (Baltruschat & Dehne, 1988; Rosemeyer & Gliessman, 1992; Douds *et al.*, 1995; Kurlle & Pflieger, 1994; Glavez, 1995; Boswell *et al.*, 1998; Douds & Millner, 1999, Jordan *et al.*, 2000).

Outros estudos sugerem que, sistemas de cultivo de alto *input*, muitas vezes não cumprem essas condições, e pode reduzir substancialmente a abundância e a diversidade de FMA (Smith & Read, 1997; Douds & Millner, 1999; Jordan, 2000; Bedini *et al.*, 2007). Entretanto, em nosso estudo, o sistema de cultivo convencional apresentou grande quantidade de esporos em relação aos demais sistemas, devido à condição estressante que leva os FMA a produzir quantidade abundante de propágulos, com o intuito de sobrevivência (Sylvia & Williams, 1992, Matsuoka *et al.*, 2002). Foi relatado por Eoms *et al.* (1999) que além da adubação, a queima resulta em mudanças da diversidade e abundância de FMA, mostrando que essa prática influencia nos fatores do solo, como teor de N e umidade os quais podem alterar a comunidade de FMAs. O que está de acordo com o comportamento verificado no sistema de corte-e queima aqui estudado, no qual se obteve baixa quantidade de esporos e riqueza de FMA. Já o sistema de pastagem degradada apresentou baixa quantidade de esporos, tendência também verificada em estudo de Picone (2000). Esse fato reforça a possibilidade de influência da vegetação sobre a comunidade destes fungos, a qual foi menos diversa na área de pastagem, principalmente em relação à área de capoeira.

Embora a variação na densidade de esporos entre as áreas não tenha sido estatisticamente significativa, a variação numérica apresentou uma relação estreita com os teores de P no solo. Este fato ficou evidente, por exemplo, ao fazermos uma comparação entre as áreas de aléias, com melhor fertilidade e a área de capoeira, de fertilidade mais baixa.

Analisando o resultado de 16 espécies identificadas até gênero, este dado pode ser um bom indicativo do potencial de se encontrar novas espécies destes fungos, já que mais de 40% das espécies encontradas, foram de espécies desconhecidas.

Neste estudo verificou-se que os gêneros mais abundantes foram *Glomus* e *Acaulospora*. Carrenho *et al.* (2001) explicam que os esporos do gênero *Glomus*, formam-se apicalmente em uma hifa esporígena e apresentam desde o início de sua formação, parede mais espessada e resistente ao ataque de microrganismos e predadores, e também aos estresses edáficos, podendo persistir por mais tempo no solo, do que aqueles formados a partir de vesículas, a exemplo dos gêneros *Acaulospora* e *Entrophospora*. No entanto, apesar desta condição de fragilidade, as espécies do gênero *Acaulospora* apresentam maior colonização e esporulação em valores de pH menores que 6,5 (Sturmer & Siqueira, 2006), principalmente, nos trópicos úmidos (Jonhson & Wedin, 1997; Wilson *et al.*, 1994; Zhao *et al.*, 2001). Dos sete gêneros de FMA já descritos pela literatura, somente *Entrophospora* não foi encontrado nas áreas estudadas.

Quanto à riqueza de espécies, a área de pastagem apresentou maior riqueza de espécies, diferindo dos outros sistemas, enquanto os sistemas Cultivo convencional e roça-notoco a menor riqueza. Isto pode ser explicado por Johnson (1993) o qual observou em seus trabalhos de campo, alteração na composição de espécies das comunidades de FMA em solos mais adubados e favorecimento e outras espécies do gênero *Glomus* mais resistentes.

A colonização micorrízica é uma característica que pode ser afetada por inúmeros fatores como a espécie vegetal, a idade da planta, a densidade de raízes, dos propágulos de FMA no solo, a eficiência de colonização de FMA e o manejo do solo, dentre outros (Afek *et al.*, 1990, Cordeiro *et al.*, 2005). Em nosso trabalho foi observado alta colonização micorrízica entre os sistemas de uso da terra. No entanto, foi observado neste trabalho e por outros autores (Mathur & Vyas, 1994; Nobre *et al.*, 2009) que a densidade de esporos no solo não tem correlação com a taxa de colonização micorrízica.

## CONCLUSÕES

1. Os fungos micorrízicos arbusculares tem ocorrência marcante na região Centro-norte do Maranhão, quanto à presença de esporos no solo e à capacidade das comunidades nativas destes fungos colonizarem as raízes do feijão-caupi.
2. Os sistemas de uso da terra não influenciam a densidade total de esporos e colonização micorrízica dos fungos micorrízicos arbusculares nas condições estudadas, porém a riqueza de espécies é um melhor estimador do efeito do uso e manejo do solo sobre a comunidade indígena destes fungos.
3. O sistema de uso da terra alterou a composição das comunidades de fungos micorrízicos arbusculares. As áreas de pastagem e aléia seis anos são os sistemas que favorecem uma maior ocorrência de espécies de fungos micorrízicos, enquanto os sistemas de roça-no-toco e cultivos convencionais são aqueles mais restritivos para o número de espécies destes fungos.
4. As espécies *Glomus* sp6 e *Glomus* brown, mostram-se quanto a ocorrência, indiferentes às características ambientais dos agroecossistemas.
5. As áreas de capoeira e de Aléias são os sistemas de uso e manejo do solo que possibilitam uma maior ocorrência daquelas espécies de fungos micorrízicos arbusculares consideradas raras neste estudo.
6. Há um considerável potencial de se encontrar espécies de fungos micorrízicos arbusculares ainda não identificado sob os agrossistemas.



## **AGRADECIMENTOS**

À CAPES, a FAPEMA e a Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) pela concessão de bolsas; ao D. Sc. Luiz Sidney Stürmer, pela valiosa colaboração na taxonomia dos esporos de FMAs e ao D.Sc. Christoph Gehring, pela ajuda na análise estatística.

**LITERATURA CITADA**

ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The impact of agricultural practices on mycorrhizal fungi. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M. & GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R. (Ed.). **Soil biota: management in sustainable farming systems**. Victoria, Australia: CSIRO, 1994. p.88-95.

AFEK, U., RINALDELLI, E., MENGE, J. A., JOHNSON, E. L. V.; POND, E. Mycorrhizal inoculum influence colonization of cotton, onion and pepper seedlings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 115: 938-942, 1990.

BALTRUSCHAT, H.; DEHNE, H. W. The occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhiza in agro-ecosystems. I. Influence of nitrogen fertilizer and green manure in continuous monoculture and in crop rotation on the inoculum potential of winter wheat. **Plant Soil**, 107: 279–284. 1988.

BEDINI, S., AVIO, L., ARGESE, E.; GIOVANNETTI, M. Effects of long-term land use on arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein. 464 / **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 120: 463–466. 2007.

BOSWELL, E.P., KOIDE, R.T., SHUMWAY, D.L.; ADDY, H.D. Winter wheat cover cropping, VA mycorrhizal fungi and maize growth and yield. **Agric. Ecos. Environ.** 67: 55–65. 1998.

CARRENHO, R.; TRUFEM, S.; BONONI, V. L. R. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta bot. Bras.** 15(1): 115-124. 2001.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E. L. Micorrizas arbusculares. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S., (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. p. 383-418

CORDEIRO, M A. S., CARNEIRO, M. A. C., PAULINO, H. B.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado Sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 35 (3): 147-153, 2005.

DOUDS, D. D. Relationships between hyphal and arbuscular colonization and sporulation in mycorrhiza of *Paspalum notatum*. **New Phytologist**, 126: 233-237. 1994.

DOUDS, D.D.; MILLNER, P. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Agric. Ecos. Environ.**, 74: 77–93. 1999.

DOUDS, JÚNIOR, D. D., GALVEZ, L. JANKE, R. R.; WAGONER, P. Effect of tillage and farming system upon populations and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 52: 111-118. 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

EOM, A.-H., HARTNETT, D.C.; WILSON, G.W.T. Host plant species effects on arbuscular mycorrhizal fungal communities in tallgrass prairie. **Oecologia**, 122: 435–444. 2000.

FERRAZ JÚNIOR, A.S.L., MOURA, E.G.; AGUIAR, A.C.F. Plantio direto na palha de leguminosas em aléias uma alternativa para o uso sustentável dos solos do trópico úmido. *In*: MOURA, E.G. & AGUIAR, A.C.F. (Org.). O desenvolvimento rural como forma de ampliação dos direitos no campo: princípios e tecnologias. São Luís: UEMA, 2006. p. 221-238.

FITTER, A. H. Costs and benefits of mycorrhizas: Implications for functioning under natural conditions. **Experientia**, 47: 350-355, 1991.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 46: 235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection on roots. **New Phytologist**, 84 (3): 489-500, 1980.

GLAVEZ, L. An overwintering cover crop increases inoculums of VAM fungi in agricultural soil. **American Journal of Alternative Agriculture**, 10: 152-156. 1995.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. **Calif. Agr. Exp. STA. Cir**, 1950. 347 p.

INVAM. 2008. International Culture Collection of Vesicular and Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Species Description. Morgantown, West Virginia Agriculture and Forestry Experimental Station. Disponível em: <http://invam.caf.wvu.edu> (Acesso em: 28/07/2008).

JENKIS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Dis. Rep.**, 73: 288-300. 1964.

JOHNSON, N. C.; F. L. PFLEGER. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. p. 71-97. In G. J. Bethlenfalvay & R. G. Linderman. (Ed.). **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. ASA/CSSA/SSSA, Madison. 124 p. 1992.

JORDAN, N.R., ZHANG, J.; HUERD, S. Arbuscular-mycorrhizal fungi: potential roles in weed management. **Weed Research**, 40: 397–410. 2000.

KURLE, J. E.; PFLEGER, F. L. Arbuscular mycorrhizal fungus spore populations respond to conversions between low-input and conventional management practices in a corn-soybean rotation. **Agronomy Journal**, 86: 467-475. 1994.

MATHUR, N.; VYAS, A., Vesicular arbuscular mycorrhizal relationship of *Simmondsia chinensis*, **Phytomorphology**, 44: 11–14. 1994.

MATSUOKA, M., SAGGIN JÚNIOR, O. J.; LOUREIRO, M. F.. Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas de videira na região de primavera do leste-MT. **Rev. Agr. Trop.** 6 (1): 113-134. 2002.

MIRANDA, J.C.C.; VILELA, L. ; MIRANDA, L.N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesq. agropec. bras.**, 40 (10): 1005 – 1014. 2005.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2º ed. atual. e ampl.-Lavras: Editora-UFLA, 2006.729 p.

MOURA, E.G. **Agroambientes de transição avaliados numa perspectiva da agricultura familiar**. In: MOURA, E.G. (Org.). Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil: atributos, alternativas, usos na produção familiar. São Luís: UEMA, 2006, p.15-51.

NOBRE, C.P.; GOTO, B. T.; BERBARA, R.L.L.; GEHRING, C. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota) em áreas sob influência do babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) no Maranhão. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2009, Fortaleza. O solo e a produção de bioenergia perspectivas e desafios, 2009.

OEHL, F.; SIEVERDING, E.; INEICHEN, K.; RIS, E.A., BOLLER, T.; WIEMKEN, A. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agroecosystem. **New Phytol**, 165: 273–283. 2005.

PICONE, C. Diversity and abundance of arbuscular fungus spores in tropical forest and pasture. **Biotropica** 32: 734-750. 2000.

ROSEMEYER, M. E.; GLIESSMAN, S. R. Modifying traditional and high-input agroecosystems for optimization of microbial symbioses: a case study of dry beans in Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 40: 61- 70. 1992.

SHEPHERD, G. J. FITOPAC 1: Manual do usuário. Campinas: Unicamp/Departamento de Botânica. 1994.

SMITH, S.E.; READ, D.J. Mycorrhizal symbiosis. 2. ed. San Diego, Academic Press, 1997. 605p.

STÜRMER, S.L.; SIQUEIRA, J.O. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazilian ecosystems. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Eds). Soil biodiversity an Amazonian and other Brazilian ecosystems. Wallingford: CABI-Publishing, 2006. cap. 10. London. 280 p.

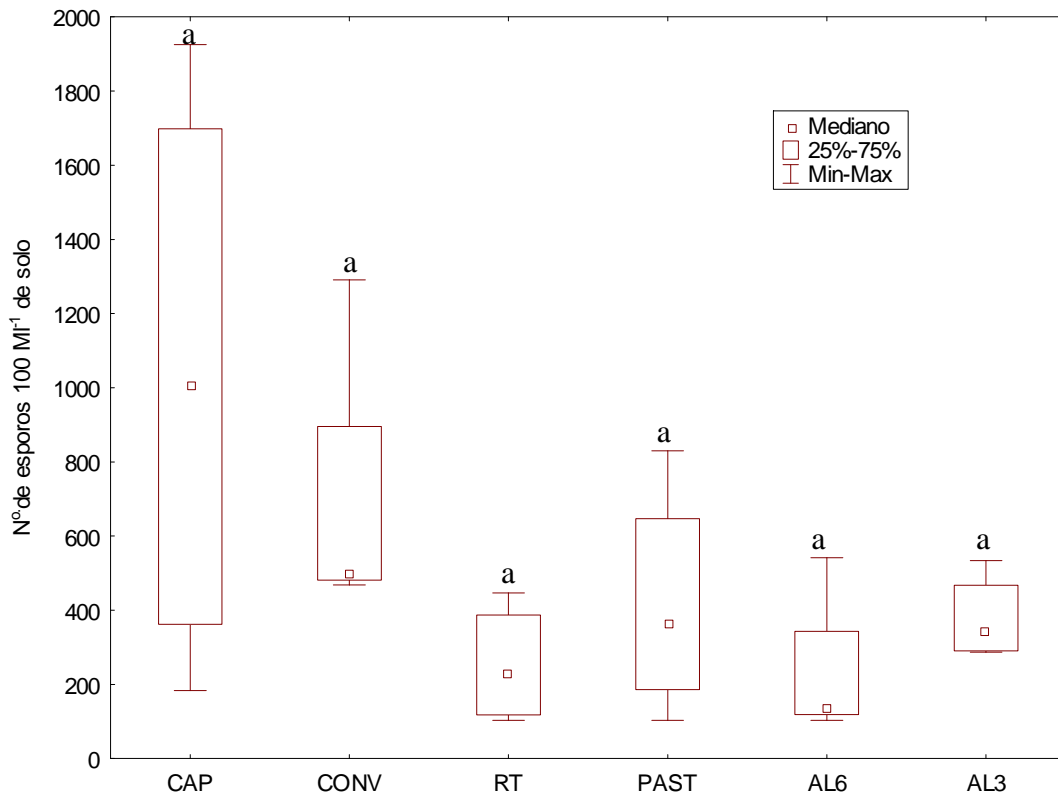
SYLVIA, D.M.; WILLIAMS, S.E. Mycorrhizae and environmental stresses. In: BETHLENFALVAY, G.J., and LINDERMAN, R.G. (eds.), Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. Madison, WI: ASA Special Publication, 1992. N°. 54, p.101–124.

UHLMANN, E., GORKE, C., PETERSEN, A.; OBERWINKLER, F., Arbuscular mycorrhizae from semiarid regions of Namibia, Can. J. Bot. 82: 645–653. 2004.

**Tabela 1.** Resultados da análise química do solo esporos nas áreas de capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia 3 anos e aléia 6 anos em Miranda do Norte-MA.\*

Tratamento	MO	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	-----	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----				%
Capoeira	37	4,5	2	1,4	20	11	45	32,4	77	42
Convencional	45	4,7	8	2,1	20	10	40	32,1	72	44
Aléias - 6	20	4,4	24	1,8	18	7	40	26,8	67	40
Aléias - 3	21	4,5	13	2,0	19	8	38	29	67	43
Roça-toco	23	4,6	7	3,0	18	7	36	28	64	44
Pastagem	29	4,4	1	1,9	8	7	33	16,9	50	34

\*MO= Matéria orgânica, pH em CaCl<sub>2</sub>, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB = Ca + Mg + K, (CTC) = [SB + (H + Al)], e V = (SB/CTC)x100.



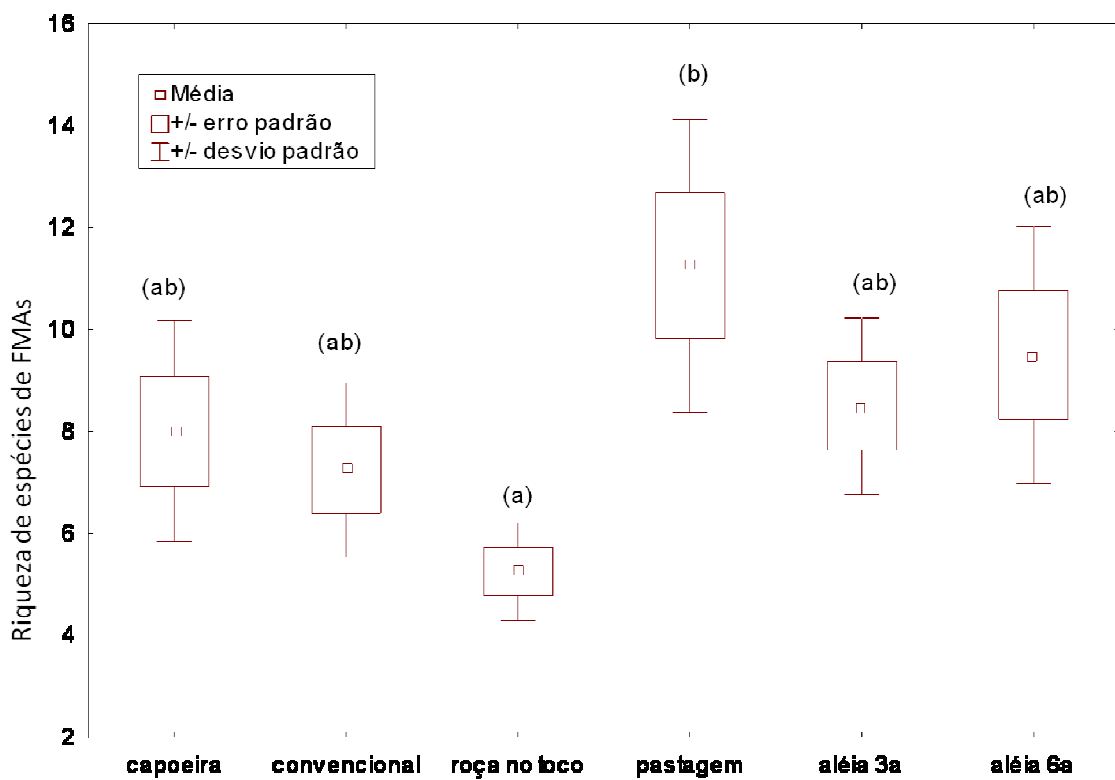
**Figura 1.** Densidade total de esporos nas áreas de capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia 3 anos e aléia 6 anos em Miranda do Norte-MA. ANOVA ns. (p=0,09).

**Tabela 2:** Espécies de fungos micorrízicos arbusculares encontradas nas áreas de capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia três anos e aléia seis anos em Miranda do Norte-MA e frequência de isolamento (IF) destas espécies de fungos micorrízicos arbusculares.

Espécies	Freq. total %	Past.	Roça no toco	Conv	Al. 3 anos	Al. 6 anos	Cap
		Frequências de isolamento					
<b>Acaulosporaceae</b>							
<i>Acaulospora foveata</i>	8,3	0	0	0	0	0	50
<i>A. mellea</i>	12,5	25	0	0	25	25	0
<i>A. cavernata</i>	12,5	50	0	0	25	0	0
<i>A. delicata</i>	12,5	50	0	0	0	25	0
<i>A. elegans</i>	33,3	100	0	0	50	25	25
<i>A. gedanensis</i>	45,8	50	25	75	0	50	75
<i>A. morrowiae</i>	50	75	0	75	50	50	50
<i>A. paulineae</i>	20,8	25	0	0	50	25	25
<i>A. scrobiculata</i>	25	0	50	25	0	50	25
<i>A. spinosa</i>	20,8	0	25	25	25	0	50
<i>Acaulospora</i> sp 1	16,7	75	25	0	0	0	0
<i>Acaulospora</i> sp 2	25	50	25	25	0	25	25
<i>Acaulospora</i> sp 3	4,2	0	0	25	0	0	0
<i>Acaulospora</i> sp 4	4,2	0	0	0	0	25	0
<i>Acaulospora</i> sp 5	4,2	0	0	0	0	0	25
<i>Acaulospora</i> sp 6	4,2	0	0	0	0	25	0
<b>Glomeraceae</b>							
<i>Glomus clarum</i>	29,2	50	25	50	25	25	0
<i>G. sinuosum</i>	8,3	0	0	0	0	50	0
<i>G. rubiforme</i>	4,2	0	0	25	0	0	0
<i>G. etunicatum</i>	8,3	0	25	0	0	0	25
<b>Glomus Brown</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<i>Glomus</i> sp 1	25	50	25	0	25	25	25
<i>Glomus</i> sp 2	4,2	0	0	0	0	0	25
<i>Glomus</i> sp 3	37,5	25	0	25	100	25	50
<i>Glomus</i> sp 4	4,2	25	0	0	0	0	0
<i>Glomus</i> sp 5	70,8	75	75	75	100	25	75
<b>Glomus sp 6</b>	<b>95,8</b>	<b>100</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<i>Glomus</i> sp 7	4,2	25	0	0	0	0	0
<i>Glomus</i> sp 8	20,8	75	0	25	25	0	0
<b>Gigasporaceae</b>							
<i>Gigaspora</i> sp	12,5	0	0	25	0	0	50
<i>Scutellospora heterogama</i>	4,2	0	0	0	0	25	0
<i>S. pellucida</i>	41,7	25	25	50	75	75	0
<i>S. persica</i>	20,8	25	0	0	0	100	0
<i>S. "pernambucana"</i>	4,8	0	0	0	25	0	0

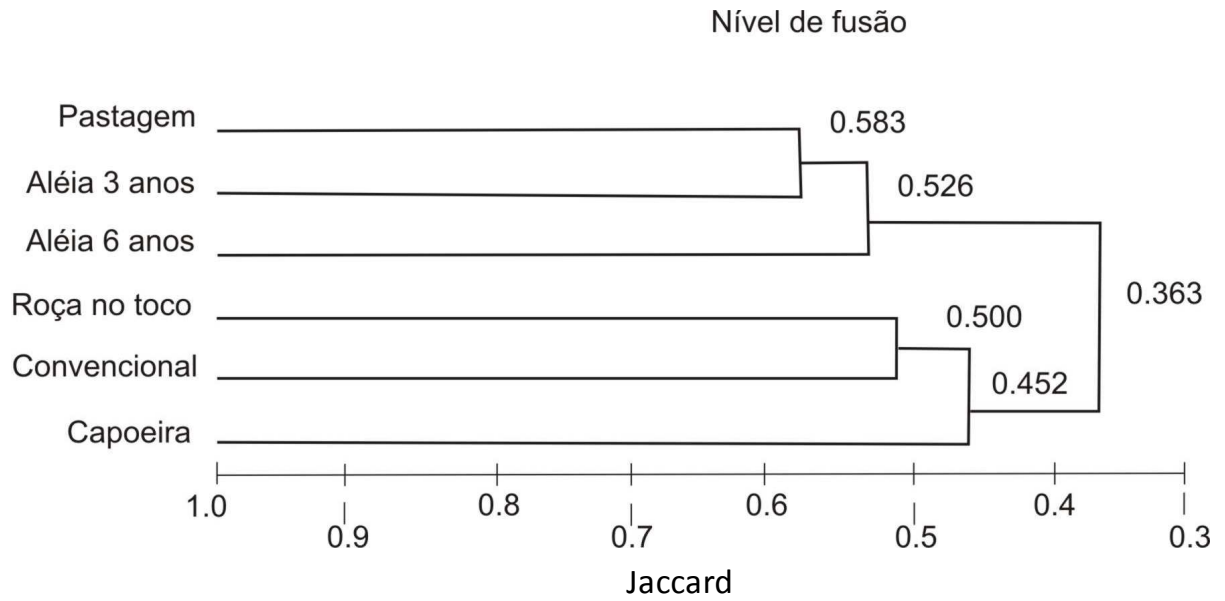
<b>Archaeosporaceae</b>							
<i>Archaeospora leptoticha</i>	16,7	50	0	0	25	25	0
<i>Ar. trappei</i>	4,2	0	0	0	0	25	0
<b>Paraglomeraceae</b>							
<i>Paraglomus laccatum</i>	12,5	0	0	0	50	25	0
<i>Número de espécies</i>		21	13	15	16	23	17

As espécies dominantes (IF=75%), as espécies mais comuns (IF=50%), espécies comuns (IF=25%) e espécies raras (IF <10%).

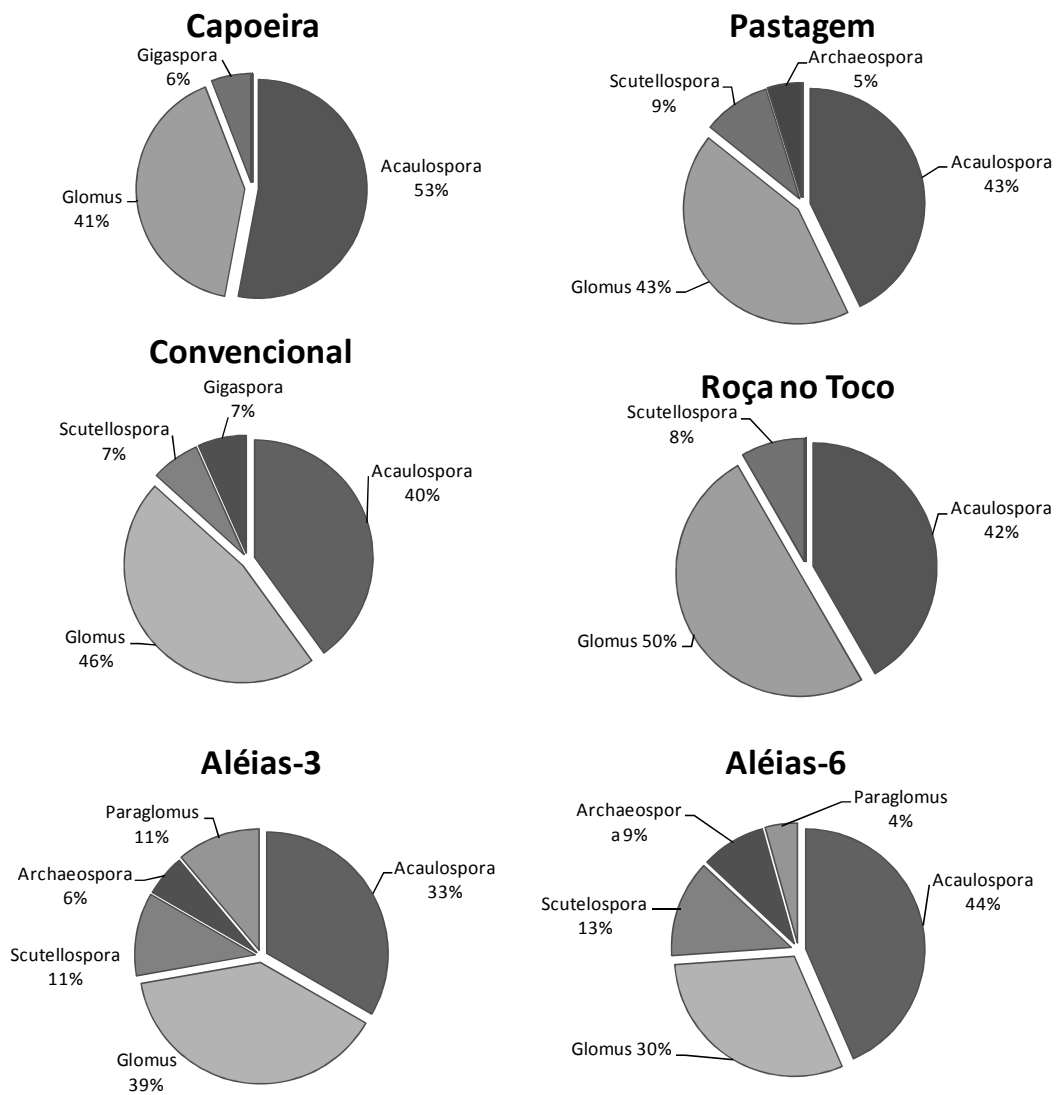


**Figura 2.** Riqueza de espécies de FMAs nos sistemas capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia três anos e aléia seis anos em Miranda do Norte-MA. ANOVA ( $p=0,02$ ), letras indicam diferenças significativas conforme teste de Tukey a 5%.

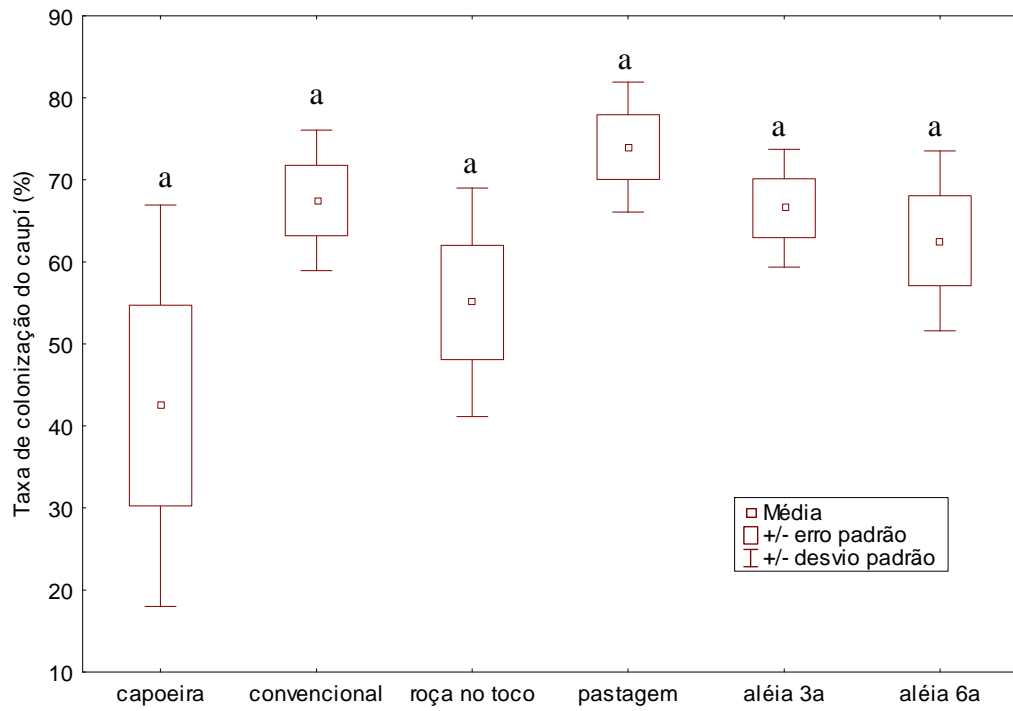




**Figura 3.** Dendrograma de similaridade de espécies de FMAs nos sistemas capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia três anos e aléia seis anos em Miranda do Norte-MA pelo método de análise do grupo (UPGMA) utilizando como coeficiente o índice de Jaccard.



**Figura 4.** Contribuição relativa dos gêneros de FMA, em relação ao total de espécies destes fungos isolados nas áreas capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia três anos e aléia seis anos em Miranda do Norte-MA.



**Figura 5.** Colonização micorrízica do feijão caupi nas áreas capoeira, convencional, roça no toco, pastagem, aléia três anos e aléia seis anos em Miranda do Norte-MA. ANOVA ns. ( $p=0,053$ ).

**APÊNDICE**

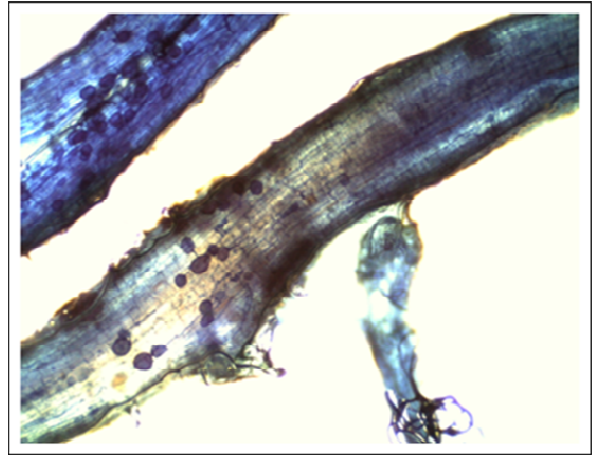
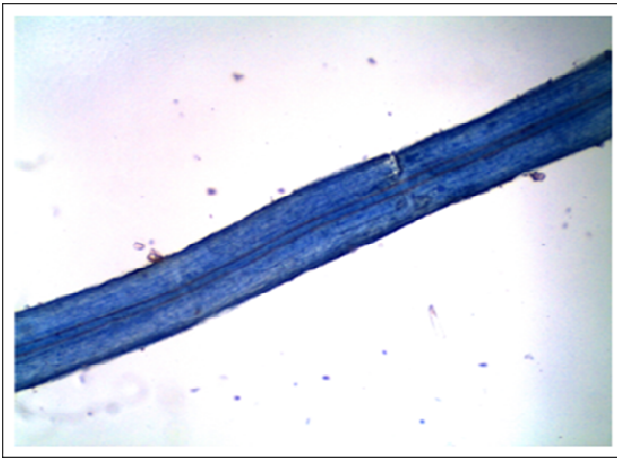
---

## BIOENSAIO EM CASA DE VEGETAÇÃO COM CAUPI



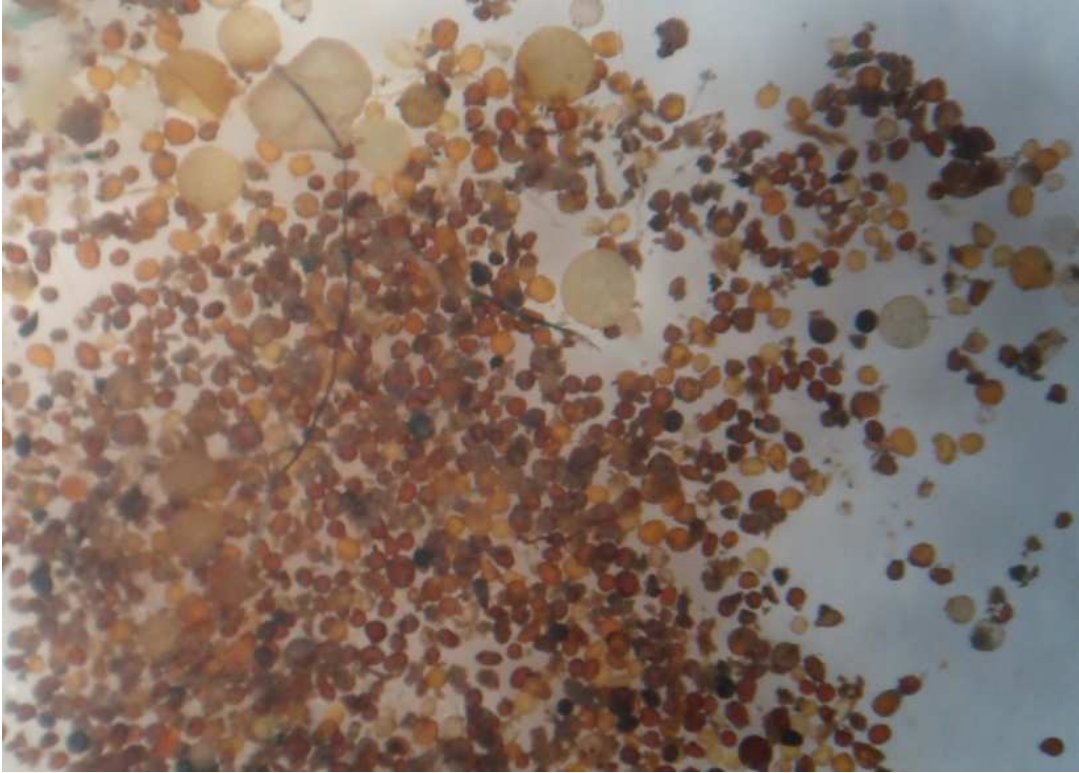
Fonte: SILVA, 2009.

## RAÍZES DE CAUPI NÃO COLONIZADA E COLONIZADA



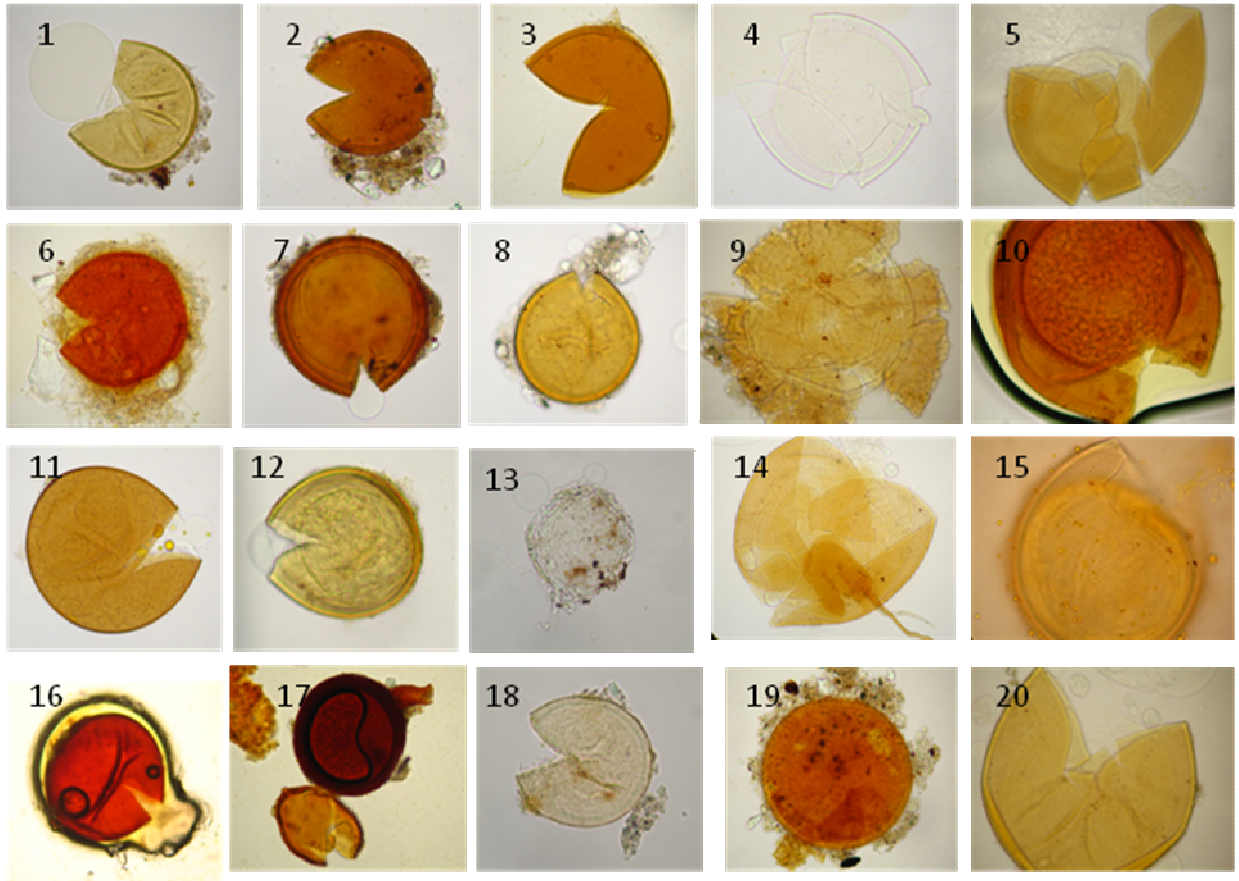
Fonte: SILVA, 2009.

**ASPECTO GERAL DOS MORFOTIPOS DE ESPOROS RECUPERADOS DO SOLO  
DAS ÁREAS ESTUDADAS (AUMENTO DE 40 X).**

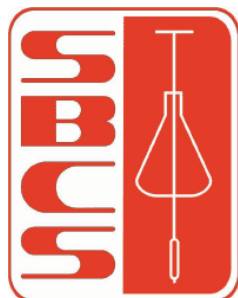


Fonte: SILVA, 2009.

**EXEMPLOS DE ESPÉCIES DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES  
ENCONTRADAS NO CENTRO-NORTE DO MARANHÃO.**



1- *Acaulospora gedanensis*, 2- *Glomus* sp2, 3- *Glomus* sp3, 4- *Acaulospora* sp6, 5- *Acaulospora* sp4, 6- *Glomus* sp 4, 7- *Acaulospora* sp2, 8- *Scutellospora pernambucana*, 9- *Archaeospora* sp, 10- *Acaulospora* sp1, 11- *Glomus hoi*, 12- 13- *Glomus* branco, 14- *Scutellospora p rsica*, 15- *Acaulospora* sp 5, 16- *Gigaspora* sp, 17- *Glomus* sp6, 18- *Acaulospora* sp3, 19- *Glomus* sp5, 20- *Acaulospora spinosa*.



## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

### **Escopo e política**

A **Revista Brasileira de Ciência do Solo** é um periódico de divulgação científica publicado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS).

Os trabalhos submetidos à publicação somente poderão ser enviados pelo site [www.sbcs.org.br](http://www.sbcs.org.br), e não mais em papel, e nas seguintes formas:

### **Artigos ou notas científicas.**

**Revisões de literatura** sobre tema específico.

**Cartas ao Editor** de, no máximo, quatro páginas digitadas em espaço duplo, contendo um dos seguintes temas: (a) Comunicação de matéria diretamente ligada à Ciência do Solo; (b) Comentário crítico de trabalhos publicados na Revista Brasileira de Ciência do Solo.

Só serão aceitos trabalhos escritos em português ou inglês, depois de revistos e aprovados pela Comissão Editorial, e que não foram publicados e não submetidos à publicação em outro veículo. Excetuam-se, nesta última limitação, os apresentados em congressos, em forma de resumo. **O autor que encaminhar o trabalho deverá se responsabilizar pelos demais autores, quando houver, como co-responsáveis pelo conteúdo científico do trabalho.**

Os trabalhos subdivididos em partes I, II..., devem ser enviados juntos, pois serão submetidos aos mesmos revisores.

### **Forma e preparação de manuscritos**

Solicita-se observar as seguintes instruções para o preparo dos artigos e notas científicas:

1. O original deve ser encaminhado completo e revisto.
2. Deve ser enviado digitado em espaço 1,5, utilizando fonte "**Times New Roman 12**", formato A4, com 2,5 cm nas margens superiores e inferiores e 2,0 cm nas margens direitas e esquerdas, enumerando-se todas as páginas e as linhas do texto.
3. O trabalho deve ser o mais claro e conciso possível. Somente em casos especiais serão aceitos trabalhos com número de páginas de texto superior a quinze.



4. **Os artigos, notas e revisões** deverão ser iniciadas com o título do trabalho e, logo abaixo, os nomes completos dos autores. Como chamada de rodapé referente ao título, deve-se usar número-índice que poderá indicar se foi trabalho extraído de tese, ou apresentado em congresso, entidades financiadoras do projeto e, necessariamente, a data (Recebido para publicação em / / ) em que o trabalho foi recebido para publicação. O cargo, o local de trabalho dos autores [endereço postal e, se possível, eletrônico (E-mail)], deverá ser inserido também no rodapé, em numeração consecutiva de chamada de números-índices colocados logo após o nome de cada autor. A condição de bolsista poderá ser incluída.

5. Os artigos deverão ser divididos, sempre que possível, em seções com cabeçalho, na seguinte ordem: **RESUMO, SUMMARY** (precedido da tradução do título para o inglês), **INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODOS, RESULTADOS, DISCUSSÃO, CONCLUSÕES, AGRADECIMENTOS e LITERATURA CITADA**. Não há necessidade dessa subdivisão para os artigos sobre educação, revisões de literatura e notas científicas, embora devam ter, obrigatoriamente, **RESUMO e SUMMARY**.

Tais seções devem ser constituídas de:

5.1. **TÍTULO** do trabalho que deve ser conciso e indicar o seu conteúdo.

5.2. **RESUMO** que deve apresentar, objetivamente, **uma breve frase introdutória, que justifique o trabalho**, o que foi feito e estudado, os mais importantes resultados e conclusões. Serão seguidos da indicação dos termos de indexação, diferentes daqueles constantes do título. A tradução do RESUMO para o inglês constituirá o **SUMMARY**.

5.3. **INTRODUÇÃO** que deve ser breve, esclarecendo o tipo de problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e finalizar com a indicação do objetivo do trabalho.

5.4. **MATERIAL E MÉTODOS** em que devem ser reunidas informações necessárias e suficientes que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores.

5.5. **RESULTADOS** que devem conter uma apresentação concisa dos dados obtidos. Quadros ou figuras devem ser preparadas sem dados supérfluos.

5.6. **DISCUSSÃO** que deve conter os resultados analisados, levando em conta a literatura, mas sem introdução de novos dados.

5.7. **CONCLUSÕES** que devem basear-se somente nos dados apresentados no trabalho e deverão ser numeradas.

5.8. **AGRADECIMENTOS** devem ser sucintos e não aparecer no texto ou em notas de rodapé.

5.9. **LITERATURA CITADA**, incluindo trabalhos citados no texto, quadro(s) ou figura(s) e inserida em ordem alfabética e da seguinte forma:

a. **Periódicos**: Nome de todos os autores, Título do artigo. Título abreviado do periódico, volume: páginas iniciais e finais, ano de publicação. Exemplo:

FONSECA, J.A. & MEURER, E.J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. R. Bras. Ci. Solo, 21:47-50, 1997.

b. **Livro**: Autores. Título da publicação. Número da edição. Local, Editora, ano de publicação. Número de páginas. Exemplo:

KONHNKE, H. Soil physics. 2.ed. New York, MacGraw Hill, 1969. 224p.

c. **Participação em obra coletiva**: Autores. Título da parte referenciada seguida de In: Nome do editor. Título da publicação, número da edição. Local de Publicação, Editora, ano. Páginas inicial e final. Exemplos:

- *Capítulo de livro*:

JACKSON, M.L. Chemical composition of soil. In: BEAR, F.E., ed. Chemistry of the soil. 2.ed. New York, Reinhold, 1964. p.71-141.

d. **Trabalho em Anais**:

VETTORI, L. Ferro “livre” por cálculo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.127-128.

e. **CD-ROM**:

SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P. & CURI, N. Índice de erosividade de chuva da região de Goiânia (GO). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. 13., 1996. Anais. Águas de Lindóia, Embrapa, 1996. CD-ROM

f. **Internet**:

EL NIÑO and La Niña. Disponível em: < <http://www.stormfax.com/elnino.htm>>. Acesso em 15 out. 2000.

As abreviações de nome de revistas devem ser feitas de acordo com as usadas pelos “abstracting journals”, como dos Commonwealth Agricultural Bureaux.

6. As Referências no texto deverão ser feitas na forma: Silva & Smith (1975) ou (Silva & Smith, 1975). Quando houver mais de dois autores, usar a forma reduzida: (Souza et al., 1975). Referências a dois ou mais artigos do(s) mesmo(s) autor(es), no mesmo ano, serão discriminadas com letras minúsculas (Ex.: Silva, 1975a,b).

7. Os quadros deverão ser numerados com algarismos arábicos, sempre providos de um título claro e conciso e construídos de modo a serem auto-explicativos. Não usar linhas verticais. As

linhas horizontais devem aparecer para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma ao final do quadro. O quadro deve ser feito por meio de uma tabela (MICROSOFT WORD/TABELA/INSERIR TABELA), no qual cada valor deve ser digitado em células distintas, estando centralizado e alinhado.

8. Os gráficos deverão ser preparados, utilizando-se "Softwares" compatíveis com "Microsoft Windows" ("Excel", "Power Point", "Sigma Plot", etc.). Para fotos e mapas coloridos utilizar resolução de 150 a 300 DPI. Não serão aceitas figuras que repitam informações de quadros.

9. Fotos coloridas, quando imprescindíveis, a critério da Comissão Editorial serão, também, aceitas. Os custos adicionais deverão ser cobertos pelos autores.

10. Para publicação de artigos na RBCS serão cobrados por página editorada (forma final na Revista): para sócios da SBCS (primeiro autor e, ou, autor correspondente) R\$ 25,00, até oito páginas, e R\$ 50,00 por página adicional, para não-sócios (primeiro autor e, ou, autor correspondente): R\$ 50,00 por página até oito páginas e R\$ 100,00 por página adicional.

#### **Envio de manuscritos**

Os trabalhos submetidos à publicação **somente poderão ser enviados por correio eletrônico, acessando o site [www.sbc.org.br](http://www.sbc.org.br)** (E-mail: [autores@sbcs.org.br](mailto:autores@sbcs.org.br)), **e não mais em papel.**