

**INFECTIVIDADE E EFICIÊNCIA DE
COMUNIDADES DE FUNGOS
MICORRÍZICOS ISOLADAS DE SOLOS SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA
REGIÃO AMAZÔNICA**

GLÁUCIA ALVES E SILVA

2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

GLÁUCIA ALVES E SILVA

**INFECTIVIDADE E EFICIÊNCIA DE COMUNIDADES DE
FUNGOS MICORRÍZICOS ISOLADAS DE SOLOS SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA REGIÃO AMAZÔNICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. José Oswaldo Siqueira

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Silva, Gláucia Alves e

Infectividade e eficiência de comunidades de fungos micorrízicos isoladas de solos sob diferentes sistemas de uso na região Amazônica / Gláucia Alves e Silva.

-- Lavras : UFLA, 2005.

62 p. : il.

Orientador: José Oswaldo Siqueira.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Micorrizas arbusculares. 2. fungos do solo. 3. colonização radicular. 4. simbiose. 5. Amazônia. 6. Microbiologia do Solo. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-576.156

-631.46

GLÁUCIA ALVES E SILVA

**INFECTIVIDADE E EFICIÊNCIA DE COMUNIDADES DE
FUNGOS MICORRÍZICOS ISOLADAS DE SOLOS SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE USO NA REGIÃO AMAZÔNICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 29 de julho de 2005.

Prof.^a Dra. Fátima Maria de Souza Moreira

UFLA

Prof. Dr. Sidney Luiz Sturmer

FURB

Prof. Dr. José Oswaldo Siqueira
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

**Aos meus avós José Alves, José Antônio
Maria Alves e Maria das Dores**

“in memoriam”

OFEREÇO

**a Auzeni Monteiro, minha mãe;
a João Alves Perônico, meu pai;
a meus irmãos José Carlos, Lúcio Flávio e Cláudia;
a Deus, razão maior da minha existência.**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelas maravilhas que ele me deu durante todo esse período e, principalmente, pela força espiritual, mental e física, que me fizeram ultrapassar todos os obstáculos e chegar ao final de mais uma importante etapa de minha vida.

A toda minha família e, em especial, a minha mãe pelo carinho e incentivo que sempre me deu.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade e apoio na realização desta dissertação.

À Fundação de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao professor José Oswaldo Siqueira, pela oportunidade, orientação, disponibilidade, ensinamentos, valiosas sugestões e críticas.

Aos professores Sidney Sturmer e Maria de Fátima Moreira, pela disponibilidade, colaboração e sugestões apresentadas, que muito enriqueceram o trabalho.

Ao meu orientador de iniciação científica Jacob Silva Souto, pela amizade e incentivo para ingressar na carreira acadêmica.

Aos Laboratoristas do Laboratório de Microbiologia do Solo, Manoel e Marlene, pela disposição em sempre me ajudar e pela maravilhosa convivência durante estes dois anos.

Aos colegas do Departamento de Ciência do Solo, em especial aos amigos do Laboratório de Microbiologia do Solo: Helson, Krisle, Patrícia, Adrianinha, Rafaela, José Geraldo, Éderson, Silvana e Alexandre, pela convivência, amizade e colaboração durante o curso.

Aos meus amigos: Marcelo, Edmilson, Idinho, Acelmo, Walkíria, Michelli, Maria, Eleide, Egeiza, Raquel, Adriana, Valda, Gilma, Mima, Dinha, Ana Maria

e Gláucia, que mesmo distantes, serão sempre lembrados com muito carinho por tudo que passamos juntos. E aos meus amigos Helson, Krisle e Patrícia, pelos bons momentos que passamos nesta cidade.

Aos meus irmãos de república, Robervone, Josinaldo e Verlândia, pela maravilhosa convivência durante estes dois anos, amos vocês.

A Marcos, meu namorado, pela paciência, compreensão, amor e confiança, a você eu só posso dizer: eu te amo.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho, agradeço com a mais profunda admiração.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Aspectos Gerais.....	4
2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)	5
2.3 Avaliação da ocorrência de FMAs.....	8
2.4. Efeitos dos FMAs sobre as plantas.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Aspectos gerais.....	15
3.2 Coleta das amostras.....	16
3.3 Os Experimentos.....	19
3.3.1 Ensaio do NMP.....	19
3.3.2 Avaliação da eficiência de comunidades de FMAs em caupi.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Número mais provável (NMP) de propágulos infectivos.....	26
4.2 Colonização micorrízica e eficiência das comunidades fúngicas isoladas.....	28
4.2.1 Colonização micorrízica.....	28
4.2.2 Efeito no crescimento, teores e acúmulo de N e P.....	30
4.2.3 Eficiência das comunidades de FMAs.....	39
4.3 Relação com a origem das comunidades fúngicas (SUT's).....	45
5 CONCLUSÕES.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS.....	60

RESUMO

SILVA, Gláucia Alves e. **Infectividade e eficiência de comunidades de fungos micorrízicos isoladas de solos sob diferentes sistemas de uso na região Amazônica**. 2005. 62 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

O presente estudo foi conduzido em casa-de-vegetação e constou de duas partes: a primeira objetivou avaliar o número mais provável (NMP) de propágulos infectivos e o segundo avaliar a colonização micorrízica e a eficiência em caupi, de comunidades de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), isoladas de solos de diferentes sistemas de uso da região do Alto Solimões no estado do Amazonas. No ensaio de NMP empregou-se *Allium schoenoprasum* L. (cebolinha) em mistura de solo contendo as amostras do solo teste diluídas em série decimal até a diluição 10^{-5} . Após um período de sete semanas as plantas foram colhidas para a avaliação microscópica da presença ou ausência de colonização micorrízica. No segundo ensaio o experimento foi conduzido por 82 dias, com plantas de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] sem inoculação (NI) e inoculadas com as 51 comunidades de FMAs isoladas em vasos de cultivo de solos dos diferentes sistemas de uso (pastagem, roça, agrofloresta, capoeira nova e capoeira velha), além de uma espécie referência de FMA (*Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann) e uma mistura de todas as comunidades (Mi). O NMP de propágulos foi baixo em todas as amostras avaliadas, sendo máximo naquelas originadas de pastagem. Nas amostras de florestas e agroflorestas, não foram detectados propágulos infectivos por este ensaio. No estudo com caupi, as respostas das plantas variaram amplamente entre as comunidades avaliadas, sendo possível distinguir comunidades com baixa, média e alta eficiência para esta planta. A maioria das comunidades promoveu aumento significativo na matéria seca da parte aérea (MSPA) e raízes das plantas e nos teores e acúmulo de P na planta quando comparadas ao NI. Em 71% das comunidades de FMAs avaliadas, o aumento de MSPA devido à inoculação esteve associado ao aumento da concentração de P nos tecidos da planta. A análise global dos dados por sistema de uso da terra não revelou diferenças marcantes entre as comunidades de diferentes origens. Os resultados mostram que comunidades de FMAs eficientes para o caupi só não foram encontradas nas amostras de agrofloresta. Conclui-se que as comunidades fúngicas isoladas destes ecossistemas apresentam potencial para a aplicação nas práticas agrícolas locais.

¹Comitê Orientador: José Oswaldo Siqueira-UFLA (Orientador), Sidney Stürmer – FURB (Co-Orientador).

ABSTRACT

SILVA, Gláucia Alves e. **Infectivity and effectiveness of Mycorrhizal Fungal communities isolated from soils under different land use systems in the Amazon Region.** 2005. 62 p. Dissertation (Master Program in Soils and Plant Nutrition) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.¹

The present work carried out under greenhouse conditions was divided into two parts: the first part aimed to evaluate the most probable number (MPN) of infective propagules of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) communities in soils under different land use systems in the Alto Solimões Region, in Amazonas State. The second part aimed to evaluate the mycorrhizal colonization and effectiveness of these communities in promoting cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] growth. In the first part, *Allium schoenoprasum* L. (onion) seeds were planted in soil mixtures containing test soil samples that were submitted to a serial dilution up to 10^{-5} . Plants were harvested after seven weeks for microscopic examination for the presence or absence of AMF colonization structures. The second experiment, was carried out for 82 days, with cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] uninoculated or inoculated with 51 AMF communities isolated pots culture with soils from different land use systems (pasture, crops, agroforestry, young secondary forest and old secondary forest). Additional AMF reference (*Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann) and a mixture of all AMF communities (Mi) were included in the study. The most probable number of propagules was low in all samples and the highest values were found in the soil under pasture. No infective propagules were found in forest and agroforestry soil samples. In the study with cowpea plant response exhibited great variation amongst fungal communities that were categorized as low, intermediate and high effectiveness under the experimental conditions. The majority of communities promoted significant shoot and root dry matter increments as well as significant shoot P increments when compared to noninoculated plants. In 71% of communities evaluated the increment in shoot dry matter due the inoculation was associated to P increments in plant tissues. The overall data analysis showed no significant differences among the land use systems but, when compared to noninoculated treatments, fungal communities studied exhibited beneficial host effects. Effective AMF communities for cowpea was found in samples from all land use systems, except for the agroforestry ones. It can be concluded that fungal communities isolated from these ecosystems exhibit potential for application in local agriculture practices.

¹Guidance committee: José Oswaldo Siqueira – UFLA (Advisor), Sidney Stürmer – FURB (Co- advisor).

1 INTRODUÇÃO

Recentemente o homem tem dado maior atenção aos impactos que as suas atividades causam sobre as demais espécies que habitam o nosso planeta. A intensificação da atividade antrópica ocasiona, geralmente, uma redução na biodiversidade de organismos do solo e, conseqüentemente, de serviços importantes para o bom funcionamento do ecossistema. Essa redução pode levar a alterações nas funções, que afetarão a produtividade e sustentabilidade do ecossistema, tendo como conseqüência, a diminuição da capacidade dos mesmos de resistir e de se recuperar de perturbações (Swift & Anderson, 1994).

A Amazônia constitui-se numa das poucas regiões do planeta ainda pouco exploradas pela atividade agrícola. Nesta região, os microrganismos e seus processos são ainda muito pouco conhecidos, embora os poucos estudos já realizados demonstram a ocorrência de microrganismos benéficos que se associam às plantas, tanto em área de várzeas, quanto de terra firme (Oliveira et al., 1996), sendo estes de grande importância para a sustentabilidade do ecossistema (Moreira & Siqueira, 2002). A camada superficial do solo representa o principal reservatório de microorganismos, e desta forma, qualquer fator que exerça impacto sobre esta parte do perfil do solo, exercerá grande influência na ecologia e funções dos microorganismos (Habte et al., 1988). Desse modo, diferentes sistemas de uso da terra podem exercer grande influência nos microrganismos e seus processos (Pankhurt et al., 1995; Bundrett et al., 1996 e Melloni et al., 2003) e isto precisa ser melhor avaliado.

Os fungos que formam as micorrizas arbusculares (MAs), conhecidos como fungos micorrízicos arbusculares (FMAs, Divisão Glomeromycota), constituem um dos principais grupos de microrganismos do solo e da rizosfera. Esses fungos estabelecem uma associação mutualista, com as raízes das plantas, formando uma perfeita integração morfológica e funcional entre os simbiotes,

com benefícios que extrapolam aspectos específicos da relação fungo-planta, tornando-se de grande interesse ecológico e agrícola.

Uma das metodologias empregadas para a quantificação da ocorrência de FMAs é a estimativa da densidade de propágulos infectivos (esporos, micélio extra-radicular e fragmentos de raízes colonizadas), presentes no solo através da técnica do número mais provável (NMP). De acordo com Souza & Guerra (1998), a técnica de diluição sucessiva para estimar a densidade da população microbiana, sem necessidade de contagem direta, foi idealizada por McCrady (1915). Esta técnica foi empregada de forma pioneira por Porter (1979), para estimar o número de propágulos infectivos (NPI) de FMAs no solo. Este método estima com maior precisão o NPI, uma vez que avalia todos os propágulos que têm a habilidade de colonizar uma planta-teste. Entretanto, o emprego desta técnica não permite discriminar quais fontes de propágulos ou espécies de FMAs ocorrem em uma dada amostra e, conseqüentemente, a densidade das espécies individuais que compõem a comunidade de cada solo.

Algumas pesquisas têm mostrado que a adaptação do fungo ao tipo de solo e condições edafoclimáticas é mais determinante para o crescimento vegetal que a especificidade fungo-espécie vegetal (Sieverding, 1991). Por essa razão, a avaliação da capacidade infectiva dos propágulos existentes, nas áreas sobre diferentes sistemas de usos, poderá ser usada como indicador de eficiência simbiótica dos mesmos. Em sentido restrito, a eficiência simbiótica dos FMAs resulta de interações complexas, entre a capacidade da planta em satisfazer seus requerimentos de P e a habilidade do fungo em disponibilizar esse nutriente à planta hospedeira (Koide, 1991). Desse modo, fungo eficiente é aquele que, em dadas condições de fertilidade do solo, consegue sobreviver, colonizar as raízes, competir com outros microrganismos, incluindo outros FMAs, produzir grande volume de micélio externo, aumentar a absorção de nutrientes e influenciar o crescimento da planta hospedeira. A eficiência simbiótica depende da planta

hospedeira e do isolado fúngico que a coloniza, sendo ambos muito influenciados pelas condições ambientais (Siqueira, 1991; Declerck et al., 1995). Os FMAs apresentam ampla variação quanto a essa capacidade e, por isso, torna-se essencial que a mesma seja avaliada, quando se pretende explorar os benéficos de simbiontes isolados ou presentes em determinadas condições.

Na Amazônia, onde predominam solos de baixa fertilidade e o uso de fertilizantes é restrito, a utilização de FMAs é uma alternativa de grande potencial para incrementar o rendimento das culturas. Dentre as culturas de interesse regional, tem-se o feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], uma leguminosa nativa da África (Elhassan & Focht, 1986) e bastante cultivada nas regiões tropicais dos continentes africano, asiático e americano. Esta cultura constitui numa importante fonte de proteína, principalmente para populações de baixa renda. O caupi é uma planta micotrófica que apresenta elevado grau de colonização e responde positivamente à colonização pelos FMAs

O presente estudo teve como objetivo estimar o número mais provável (NMP) de propágulos infectivos e avaliar a colonização micorrízica e a eficiência para o caupi, de comunidades de FMAs, isoladas de solos de diferentes ecossistemas da região do Alto Solimões no estado do Amazonas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais

A exploração dos recursos naturais pelo homem de forma desordenada tem interferido de maneira negativa no equilíbrio dos ecossistemas, constituindo-se numa das principais causas de degradação do solo e do ambiente. A degradação do solo torna-se evidente pela redução da capacidade produtiva das terras agrícolas, provocadas pelas perdas de matéria orgânica e pelos efeitos do impacto direto das chuvas sobre áreas sem a proteção adequada da cobertura vegetal (Souza & Silva, 1996). A intensificação das atividades antrópicas tem acelerado a destruição dos ecossistemas e, conseqüentemente, a perda da biodiversidade no planeta, implicando não apenas na interrupção da integridade dos ciclos biológicos, como também, colocando em risco a própria sobrevivência humana (Siqueira et al., 1994).

Uma significativa parcela da região amazônica constitui-se em uma das poucas regiões do planeta que ainda se encontra sem intervenção antrópica. Essa região possui uma imensa diversidade de espécies vegetais, sendo encontradas de 100 a 300 espécies diferentes de árvores, em um hectare de floresta Amazônica, dependendo do sítio e do diâmetro mínimo de caule escolhido como limite inferior para a amostragem (CIMA, 1991). Esta diversidade vegetal se traduz em uma grande diversidade animal, principalmente insetos (Erwin, 1997), devido ao grande número de nichos existentes. Embora ainda muito pouco estudada, a diversidade microbiana dos solos da Amazônia acredita-se ser elevada e, de certa forma, relacionada à alta diversidade vegetal.

A diversidade microbiana do solo tem sido considerada um fator importante na sustentabilidade de ecossistemas. Os microrganismos facilitam o desenvolvimento da estrutura edáfica e controlam a disponibilidade de nutrientes às plantas, através da mediação dos ciclos biogeoquímicos dos elementos e do

melhoramento de limitações químicas ou físicas (Tate & Klein, 1985). Por outro lado, os microrganismos, pela sua diversidade e dinâmica e por estarem continuamente mudando e adaptando-se às alterações ambientais, representam indicadores sensíveis às mudanças no solo, oriundas de modificações em seu uso e manejo (Kennedy & Papendick, 1995) e também no tipo de cobertura vegetal (Prasad et al., 1994). Os efeitos do uso do solo sobre a diversidade microbiana têm sido demonstrados sistematicamente para alguns grupos de microrganismos (Tótola & Chaer, 2002). Em solos de regiões tropicais, a remoção da vegetação nativa, para a introdução de florestas plantadas, o cultivo de subsistência ou o cultivo comercial, altera a composição de espécies vegetais, os níveis de matéria orgânica e de nutrientes, bem como a estrutura da comunidade microbiana do solo, conforme discutido em Tótola & Chaer (2002). Conforme relatam estes autores, a comunidade vegetal, geralmente constituída de grande número de espécies em diferentes estádios de desenvolvimento, quando substituída por uma única espécie, em que todos os indivíduos apresentam o mesmo grau de desenvolvimento, representa alterações potenciais na microbiota do solo. Estas alterações afetam a abundância e a composição de espécies no local e, conseqüentemente, a biodiversidade do solo. O resultado dessa perda de biodiversidade é negativa, uma vez que um solo, ecologicamente balanceado, depende da ciclagem de nutrientes e do balanço entre matéria orgânica, organismos do solo e diversidade de plantas.

2.2 Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)

Entre os componentes da comunidade microbiana do solo, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs, Divisão Glomeromycota) são particularmente importantes para as regiões tropicais. Estes fungos encontram-se amplamente distribuídos na maioria dos ecossistemas, desde florestais aos desérticos, em regiões tropicais, temperadas e árticas e representam a mais ampla associação

entre plantas e fungos encontrada na natureza (Souza & Silva, 1996). O caráter mutualista das micorrizas contribuiu para evolução e sobrevivência das plantas terrestres e dos próprios fungos que existem desde há 400 milhões de anos (Smith & Read, 1997). Em condições naturais, a grande maioria das espécies de plantas apresentam-se colonizadas por estes fungos, que potencializam a absorção de nutrientes especialmente de fósforo nos solos tropicais, caracterizados por baixos teores de nutrientes disponíveis e alta capacidade de fixação de fosfatos (Mosse, 1981; Sieverding, 1991; Siqueira, 1994).

Apresentando pouca ou nenhuma especificidade hospedeira, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) constituem a regra na natureza, exercendo grande influência nos nichos ecológicos ocupados pelas plantas, influenciando a composição das comunidades vegetais (Francis & Read, 1995) e desempenhando importante papel no equilíbrio dessas comunidades (Harley, 1989). Os FMAs são biotróficos obrigatórios e apresentam crescimento limitado quando cultivados axenicamente, sendo necessário o estabelecimento da colonização de raízes compatíveis e metabolicamente ativas, para que o fungo possa se multiplicar (Azcón-Aguilar & Barea, 1995; Bonfante & Bianciotto, 1995). Esses fungos trazem benefícios à comunidade vegetal e ao ambiente, fornecendo nutrientes e água às plantas, assim como a agregação e a estabilidade dos solos (Sylvia, 1992; Augé et al., 2001). Os FMAs têm sido estudados visando à sua aplicação, para incrementar o desenvolvimento e a produção das culturas, mediante seus efeitos na nutrição das plantas e outros benefícios diretos e indiretos. No entanto, existem alguns obstáculos a isto, dentre os quais a adaptação aos fatores edáficos e competição com fungos indígenas, que podem comprometer a eficiência simbiótica dos FMAs, introduzidos na inoculação (Manjunath et al., 1983; Balakrishna et al., 1996).

A micorriza é formada pela raiz da planta hospedeira, o micélio intra-radical (incluindo a interface simbiótica), o micélio extra-radical (rede de hifas

do solo) e os esporos fúngicos (Merryweather & Fitter, 1998), sendo seu estabelecimento e manutenção influenciados por fatores do solo, da planta hospedeira e do fungo. Dessa forma, a perturbação do solo pode causar impacto na micorrização, dependendo de mudanças das condições do solo, da natureza dos propágulos fúngicos e da alteração qualitativa e quantitativa da vegetação presente (Bundrett et al., 1996). Vários fatores edáficos interferem na infectividade e na eficiência da micorriza, tais como pH e nível de fertilidade do solo, principalmente quanto à disponibilidade de P; fatores físicos como umidade/aeração, luminosidade e temperatura; interações entre FMAs e os outros organismos do solo; aplicação de agrotóxicos; manejo do solo e de culturas; fatores inerentes à planta hospedeira, como o grau de micotrofia da planta e a compatibilidade desta com o isolado fúngico (Mehrotra, 1998; McGonigle & Miller, 1999; Silveira, 2000; Moreira & Siqueira, 2002). Do mesmo modo, a infectividade dos FMAs em solos de vários ecossistemas pode ser diminuída pela perturbação do solo (Jasper et al., 1994).

A propagação desses organismos ocorre através de esporos, do micélio e de fragmentos de raízes colonizadas, coletivamente denominadas propágulos, que, ao infectarem as raízes da planta hospedeira, podem se desenvolver e dar origem ao estabelecimento da associação micorrízica (Smith & Read, 1997). Os propágulos, que se apresentam ativos em um dado momento, são denominados de propágulos infectivos (PI) que, em condições naturais, são também representados por fragmentos de raízes colonizadas e pelo micélio presente no solo (Smith & Read, 1997).

Nas micorrizas arbusculares, os componentes bióticos e abióticos do ecossistema interagem, estabelecendo um equilíbrio dinâmico. A conversão de ecossistemas, preservados em áreas agrícolas ou de pastagem, modifica a situação de equilíbrio estabelecida e afeta a quantidade e a viabilidade de propágulos de FMAs (Mason et al., 1994; Wilson et al., 1994). Estes fatores são

relacionados à severidade da perturbação sofrida pelo ecossistema, podendo ser reversíveis ou não, conforme o uso que será feito do solo (Jasper et al., 1994; Picone, 2000; Melloni et al., 2003). As mudanças nas condições do solo pode modificar a dominância de um determinado fungo durante a formação da micorriza no campo. A perturbação dos solos, de forma intencional (e.g. cultivo) ou não (e.g. erosão), é uma das maiores fontes de alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Abbott & Gazey, 1994). Tem sido demonstrado que mesmo áreas com grande interferência antrópica, como aquelas submetidas à mineração, se recuperam rapidamente do impacto sofrido. De acordo com Carrenho et al. (2002), dependendo das práticas de cultivo usadas para o crescimento das plantas, tipo de substrato, planta hospedeira e condições ambientais, a habilidade competitiva dos FMAs, presentes na população original, pode sofrer mudanças, resultando em uma comunidade quantitativa e qualitativamente diferente. Conforme relatam estes autores, o estabelecimento de associações preferenciais entre plantas e os FMAs pode ser mediado pelas interações entre planta, ambiente e fungo, e não pela planta apenas.

2.3 Avaliação da ocorrência de FMAs

Os levantamentos da densidade e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no solo devem ser realizados para se conhecer as condições biológicas do solo. Além da identificação das espécies, uma importante tarefa em estudos ecológicos é estimar o número de propágulos infectivos, o que determina a capacidade do solo em formar micorrizas nas raízes de plantas susceptíveis.

Dentre as técnicas empregadas para a quantificação da ocorrência de FMAs, as mais utilizadas são: extração e contagem de esporos (Gerdemann & Nicolson, 1963); avaliação do grau de colonização radicular (Giovannetti & Mosse, 1980), além da estimativa da densidade de propágulos infectivos (esporos,

micélio extrarradicular e fragmentos de raízes colonizadas). Estas técnicas apresentam aspectos positivos e negativos e fornecem informações, que muitas vezes são complementares (An et al., 1990; Abbott & Robson, 1991).

Os níveis de colonização das raízes, que representam uma estimativa da biomassa fúngica dentro da raiz e não de propágulos infectivos, podem variar de acordo com a espécie de planta, as condições do solo e as espécies de FMAs presentes no local (Sieverding, 1991). Por isso, a correlação entre grau de colonização e propágulos infectivos é raramente encontrada. A contagem de esporos serve apenas para enumerar a densidade de propágulos no solo sob certas circunstâncias, tais como: após longo período sem vegetação, ou depois de longa estação seca e só pode ser relacionada ao potencial de infectividade se forem conhecidas as condições de viabilidade dos esporos, se estão vivos, mortos ou dormentes (Liu & Luo, 1994). Já o método do número mais provável (NMP) é usado para estimar o número de propágulos infectivos presentes no solo (Porter, 1979; Wilson & Trinick, 1982). A estimativa do NMP para outros organismos, que vivem no solo, como alguns fungos patogênicos e espécies de *Rhizobium* que formam nódulos, é influenciada grandemente pela especificidade fisiológica de um ensaio do hospedeiro, conforme comentado por Adelman & Morton (1986). No caso dos FMAs, a técnica do NMP é baseada na avaliação dos propágulos infectivos em diluições seriadas até a extinção da capacidade infectiva. Esta técnica enumera todos os propágulos que têm habilidade para colonizar a planta hospedeira, falhando apenas na detecção de esporos dormentes (An et al., 1990; Sieverding, 1991; Liu & Luo, 1994). Segundo Wilson & Trinick (1982), embora forneça dados úteis sobre a infectividade dos FMAs, as estimativas obtidas são muito dependentes das condições experimentais utilizadas. Porter (1979) sugeriu que o solo diluente poderia se tornar uma fonte de inóculo se não for completamente desinfestado. Contudo, areia (Smith & Walker, 1981; Wilson & Trinick, 1983) ou solo de origem diferente (Daniels et al., 1981) têm sido usados

como meio diluente em experimentos do NMP. Adelman & Morton (1986) observaram que a expressão máxima do NMP ocorre quando o inóculo e o solo diluente é de mesma origem. Para estes autores, o meio diluente de diferentes origens não permite a expressão de todos os fatores que governam o potencial de inóculo de propágulos infectivos. Souza et al. (1999), estudando o efeito de pré-cultivos sobre o potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares, constataram que a técnica do NMP detectou mudanças provocadas pelas práticas agrícolas sobre a infectividade do solo. Embora a técnica do NMP apresente uma boa avaliação da infectividade, ela ainda é limitada, uma vez que no preparo do bioensaio é necessário manuseio intenso do solo para homogeneização das amostras, o que acarreta destruição de parte do micélio fúngico, podendo causar assim redução da capacidade infectiva do solo (Evans & Miller, 1988; Jasper et al., 1989).

Segundo Souza & Guerra (1998), o emprego da técnica do NMP parece especialmente adequada quando o objetivo do trabalho visa evidenciar o efeito de práticas agrícolas sobre a infectividade da população de fungos indígenas. Como o NMP utiliza plantas isca, teoricamente, a técnica permite quantificar qualquer propágulo infectivo presente na amostra em análise, tais como esporos viáveis e sem dormência, hifas e fragmentos de raízes colonizadas. Harinikumar & Bagyaraj (1988) empregaram esta técnica para avaliação de um sistema de rotação de culturas, ao longo de três estações do ano e evidenciaram o efeito benéfico da sucessão de plantas micotróficas no aumento do NPI e o efeito depressivo causado pelo pousio e do cultivo com uma planta não micotrófica (mostarda). Em outro sistema de rotação de culturas, onde o cultivo principal consistia de arroz irrigado por inundação, Ilag et al. (1987) constataram várias mudanças no NMP de FMAs, durante as diversas fases do desenvolvimento das culturas. Nestes trabalhos, foram detectados efeitos negativos do pousio, preparo e inundação do solo, bem como os efeitos da introdução de culturas micotróficas (milho e feijão mungo) no

sistema de rotação. Portanto, esta técnica, apesar de suas limitações, tem demonstrado ser sensível e viável para detectar as alterações provocadas pelas mudanças do uso do solo sobre as populações de FMAs.

2.4 Efeitos dos FMAs sobre as plantas

As práticas de manejo agrícola provocam modificações qualitativas e quantitativas na população dos FMAs (Fairchild & Miller, 1988; Sieverding, 1991; Espíndola et al., 1998). Neste sentido, o conhecimento dos efeitos das práticas agrícolas sobre a população de FMAs indígenas consiste em uma das alternativas viáveis para aumentar os benefícios destes simbiontes para a produção agrícola (Souza et al., 1999). Segundo Abbott & Robson (1991), o conhecimento da densidade de propágulos infectivos, capacidade infectiva e efetividade dos FMAs indígenas é fundamental para o desenvolvimento de estudos sobre ecologia e manejo destes fungos na agricultura

Os FMAs podem amenizar limitações causadas pelo homem ao degradar o meio ambiente, pois, quando associados às raízes, aumentam a capacidade adaptativa das plantas às condições adversas, como a baixa disponibilidade de nutrientes (N e P) e estresse hídrico (Marschner, 1994; Proton & Martins, 2001), pH baixo, temperatura elevada, diminuição da atividade microbiana (Owusu-Benoah & Wild, 1979; Marschner, 1994) e reduzida agregação do solo (Jasper, 1994). Em geral, plantas colonizadas por FMAs eficientes são mais competitivas e têm maior capacidade de sobreviver em solos de baixa fertilidade (Janos, 1996).

Considerando que os FMAs indígenas são mais adaptados aos fatores estressantes do meio (Lambert et al., 1980) que os isolados de outros locais, supõe-se que a maximização dos efeitos benéficos destes fungos pode ser conseguida por meio do manejo dos fungos indígenas (Moreira & Siqueira, 2002). Isto pode ser conseguido através de inúmeras práticas, como a rotação de

culturas e cultivo mínimo, que podem aumentar a densidade de propágulos e a colonização micorrízica das culturas. Isto, no entanto, não descarta a possibilidade de sucesso de FMAs introduzidos, desde que devidamente selecionados (Dodd et al., 1983).

Embora os FMAs ocorram de maneira generalizada na natureza, a distribuição das espécies e das populações bem como a eficiência dos mesmos são desuniformes e bastante variáveis (Siqueira, 1996). Como a interação planta – fungos micorrízicos é um processo biológico, complexo e regulado pelos dois parceiros, é de se esperar que a extensão da resposta de plantas à micorriza varie entre diferentes combinações de plantas e fungos micorrízicos (Smith & Read, 1997). Essa interação é influenciada pela dependência da planta aos fungos micorrízicos, pela eficiência do fungo em aumentar o crescimento da planta e pelas condições edafoclimáticas (Smith & Gianinazzi-Pearson, 1988). Stürmer (2004) observou em plantas de soja que o isolado *Archaeospora trappei* JA205B promoveu crescimento da planta, mas não o aumento do conteúdo de P foliar, enquanto *Acaulospora mellea* MN414A promoveu a absorção de P, mas não teve nenhum efeito mensurável na produção de matéria da parte aérea. Neste caso a eficiência dos isolados se relacionou com a capacidade destes em absorver P do solo. Paula et al. (1990), trabalhando em solos do cerrado, verificaram que diferentes populações de fungos micorrízicos mostraram diferenças na taxa de colonização, de absorção de P, de produção de matéria seca da parte aérea e de produção de grãos de soja.

Diferentes espécies e isolados da mesma espécie de FMA podem variar bastante em efetividade (Bethlenfalvay et al., 1989). Apesar da falta de evidência para a especificidade taxonômica, existem diferenças de resposta simbiótica do hospedeiro, aos diversos isolados de FMAs (Giovanetti & Hepper, 1985; Alexander et al., 1992). Saggin Júnior & Siqueira (1995) encontraram diferenças entre isolados da mesma espécie, quando avaliavam a eficiência

simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. Estes autores observaram que os isolados de *Glomus etunicatum* estudados variaram quanto à eficiência simbiótica para o cafeeiro, sendo encontrados isolados dessa espécie com baixa e alta eficiência. Isto sugere a existência de certa “especificidade funcional”. Este tipo de especificidade está relacionado ao balanço entre benefícios e custos do fungo para o hospedeiro (Koide, 1991) o que, às vezes, é atribuído à diferença no grau de colonização ou na eficiência do transporte de nutrientes entre o fungo e a planta. De acordo com Pouyú-Rojas (2002), de um modo geral, diferenças existentes na relação fungo-planta são reflexos das complexas interações, cujas bases bioquímicas, genéticas e fisiológicas são ainda pouco conhecidas.

Para Saggin Júnior & Siqueira (1995) quando se pretende explorar as MAs, a seleção de fungos eficientes deve ser priorizada. Estes fungos selecionados devem ser capazes de promover o crescimento das plantas, ser compatíveis e persistentes com as condições edafoclimáticas e com as práticas de manejo, utilizadas no sistema de produção. Assim, a avaliação da eficiência simbiótica de fungos micorrízicos indígenas, isolados do próprio agrossistema onde se pretende explorar a simbiose, deve ser realizada para obter fungos ou populações com elevada eficiência simbiótica (Menge, 1983).

De acordo com Abbott et al. (1992), algumas características do FMA podem ser usadas para definir um isolado como eficiente, tais como: ter habilidade em absorver nutrientes do solo, principalmente P e transferi-lo para o hospedeiro; ter capacidade de transferir o P para o hospedeiro em relação à demanda de carbono da planta; ser capaz de colonizar raízes em relação a fatores como: disponibilidade de P, hospedeiros, outros microrganismos do solo, inclusive outros FMAs e propriedades do solo; como também colonizar as raízes rapidamente após a inoculação. Conforme comentado em Saggin Júnior & Siqueira (1995), a avaliação da eficiência simbiótica baseada no crescimento ou

em aspecto nutricional é essencial quando se pretende selecionar fungos destinados a programas de inoculação.

Na Amazônia, o cultivo do caupi predomina como agricultura de subsistência, caracterizado por baixo uso de tecnologia e por solos marginais deficientes em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, fatores que contribuem para baixa produtividade de grãos, que, no Brasil, situa-se em torno de 400 a 500 Kg ha⁻¹ (Freire Filho et al., 1998).

A literatura que trata dos efeitos da associação de FMAs com plantas de caupi é bastante restrita, mas alguns estudos já realizados têm mostrado um certo grau de dependência micorrízica desta planta, bem como os efeitos positivos que esta simbiose pode proporcionar às plantas de caupi. Raposo (1989), estudando o efeito da inoculação de FMAs em dois cultivares de caupi, concluiu que houve uma relativa especificidade para as culturas estudadas em relação ao fungo micorrízico, sendo *A. morrowae* e *G. etunicatum* os mais indicados para os cultivares avaliados. Islan et al. (1981) obtiveram aumento na percentagem de raízes infectadas e peso da parte aérea em plantas de caupi inoculadas com *Glomus mosseae*. Em solos com baixo nível de P e elevada acidez, Howeler et al. (1987) mostraram que o caupi era extremamente dependente de fungo micorrízico. Oliveira & Bonetti (1983) constataram especificidade entre o caupi e a espécie de fungo utilizado, sendo o gênero *Acaulospora* o que mais beneficiou o peso e o número de nódulos em relação a outras espécies. Dessa forma, uma avaliação dos efeitos que a associação FMAs e caupi pode trazer para a cultura é de grande importância, uma vez que o caupi é muito cultivado na região amazônica e poucas são as informações sobre os efeitos que esta associação pode trazer para a cultura, sendo preciso conhecer os benefícios dos fungos daquela região para a cultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Aspectos gerais

O presente trabalho faz parte do projeto “*Consevation and Sustaintable Management of Below-Ground Biodiversity*”, implementado pelo “*United Nations Programme (UNEP)*” e executado no Brasil, Costa do Marfim, Índia, Indonésia, Kênia, México e Uganda, sendo no Brasil coordenado pela Profa. Fátima Maria de Souza Moreira da Universidade Federal de Lavras. O projeto aborda vários aspectos da biota do solo, incluindo estudos sobre os FMAs, os quais foram contemplados no presente trabalho. As áreas estudadas estão localizadas na região amazônica, incluindo comunidades indígenas do município de Benjamin Constant, no estado do Amazonas. E o local de estudo situa-se a aproximadamente 1.100 Km a oeste de Manaus, no município de Benjamin Constant e está localizado na base do Rio Solimões (FIGURA 1). As áreas avaliadas estão localizadas nas comunidades de Nova Aliança, Guanabara II e na cidade de Benjamin Constant. As comunidades indígenas estão organizadas em associações, praticando agricultura itinerária de pequena escala, agrofloresta e extrativismo vegetal, e desta forma, a intensidade de uso da terra é baixa. As comunidades existem há 22 anos e são formadas por representantes dos índios Ticuna e Cocamo.

Como se trata de um projeto de abordagem multidisciplinar, os procedimentos gerais de escolha dos sistemas de uso da terra (SUT's), sistema de amostragem, localização das janelas de estudo e os métodos utilizados foram padronizados pela equipe global do projeto. Do mesmo modo, as amostras destinadas aos estudos microbiológicos do solo.

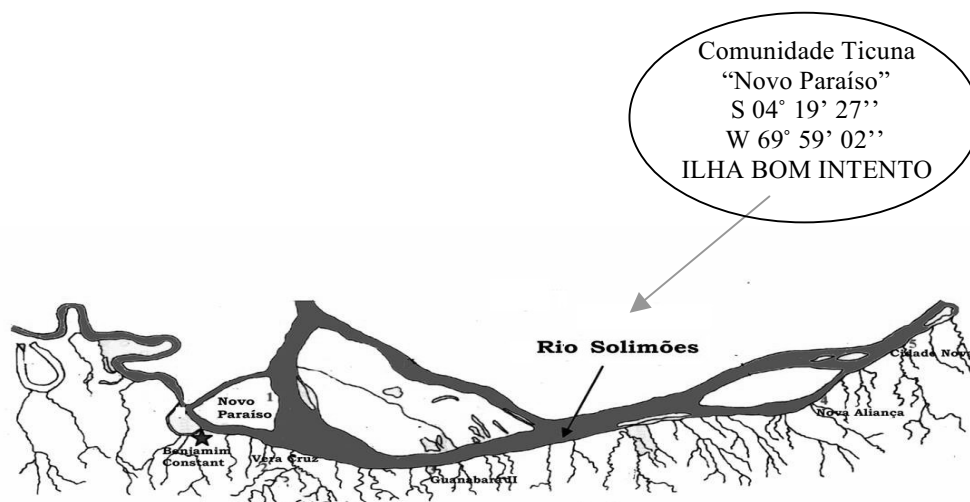


FIGURA 1 Localização do município de Benjamin Constant e algumas comunidades indígenas da região. O presente trabalho foi realizado nas comunidades indígenas Nova Aliança, Guanabara II e na cidade de Benjamin Constant.

3.2 Coleta das amostras

Foram estabelecidas seis janelas e em cada uma foram coletadas amostras de solo em função do sistema de uso da terra (Tabela 1), totalizando-se 98 amostras de solos, alocadas a uma distância de 100 m uma da outra e em alguns casos a 50 m, sendo estas identificadas na tabela como A. As amostras foram coletadas em março de 2004 por uma equipe específica e cada amostra, representando o ponto georreferenciado, constituiu-se de 12 amostras simples: 4 coletadas num raio de 3 m e 8 coletadas num raio de 6 m do ponto principal à profundidade de 0-20 cm. O esquema de coleta das amostras simples de solo, as localizações, identificações de culturas e os croquis de campo destas áreas nas comunidades (janelas) estão exemplificados nas figuras 2 e 3.

TABELA 1 Identificação das amostras de solo por sistema de uso e localização (janela).

Janelas	Uso da terra					
	Floresta	Capoeira Nova	Capoeira Velha	Roça	Agrofloresta	Pastagem
	Identificação das amostras					
J-1	03, 04, 06, 07, 08, 09, 10, 14, 15 e 16	01 e 02				
J-2		29, 30 e 31	23	18, 19, 19A, 21, 26, 27, 28 e 32	17, 17A, 20, 22, 24, 24A e 25	
J-3	39, 40 e 41	34, 35, 36, 38 e 42	37	33 e 44A		
J-4	57, 61 e 62	52, 53, 54, 56, 63 e 64	60	49, 50, 51, 55, 58 e 59		
J-5		65, 66A, 68, 68A, 69, 70, 71, 71A, 73, 74, 75, 76, 79 e 80	70A e 77	72 e 78	66, 67 e 67A	
J-6			81, 81A, 88, 88A e 90			82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 91, 92, 93, 94, 95 e 96

A- Pontos extras; J-1 e J-2 - Guanabara-II; J-3, J-4 e J-5 – Nova Aliança; J-6 – Benjamin Constant.

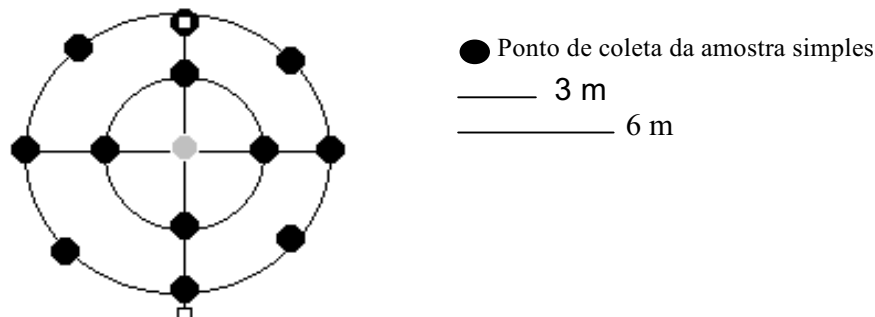


FIGURA 2 Esquema de coleta das amostras simples de solo em cada local. O ponto do centro do círculo (em cinza) foi georreferenciado. Os 12 pontos em negrito representam as amostras simples.

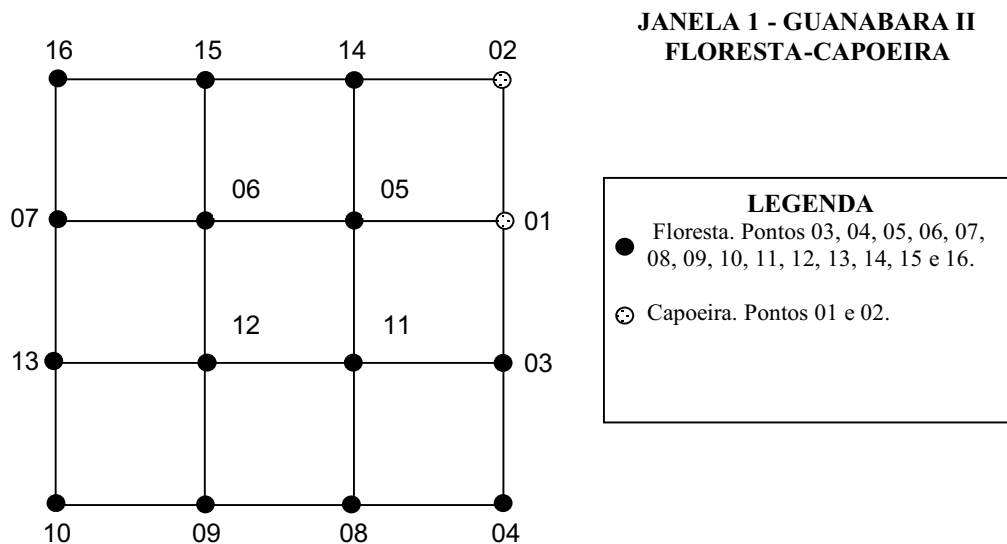


FIGURA 3 Localização, identificação das culturas e o croqui de campo de uma das áreas na comunidade (janela).

Para a amostragem, a serrapilheira foi retirada e o instrumento de coleta (trado) foi lavado e flambado antes e após a coleta de diferentes amostras compostas, para evitar a contaminação entre amostras. Cerca de 300g de cada amostra composta foi destinada para a análise microbiológica e 200g, para a análise das características físicas e químicas do solo. As amostras destinadas para a análise microbiológica foram acondicionadas em sacos plásticos estéreis Millipore e armazenadas em recipientes de isopor para sua conservação e levadas o mais rápido possível para o laboratório, onde foram conservadas à 4°C até o uso. Após nove meses em câmara fria, as amostras foram utilizadas para a realização do ensaio do NPI.

3.3 Os experimentos

O presente estudo constou de duas partes: a avaliação do número de propágulos infectivos (NPI) de FMAs pela técnica do NMP e a avaliação da eficiência de comunidades de FMAs em caupi.

3.3.1 Ensaio do NMP

As diferentes amostras de solo, coletadas nos diferentes sistemas de uso da terra, foram empregadas para realização de bioensaio em casa-de-vegetação, visando à determinação do número mais provável (NMP) de propágulos de FMAs. No procedimento, empregou-se a metodologia de Porter (1979), empregando como planta teste a cebolinha (*Allium schoenoprasum*). Para o teste foram preparadas séries de diluições, usando como diluente areia de rio esterilizada e solo na proporção de 1:1. O solo empregado na composição do diluente foi um Latossolo Vermelho-Amarelo, muito argiloso, coletado na camada de 0-20 cm, em uma área de mata dentro do Campus da UFLA. Após seco e peneirado, o solo foi tratado com brometo de metila 98% (98% - brometo de metila + 2% - cloropicrina) na dosagem de $393 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$, a fim de eliminar propágulos de fungos micorrízicos indígenas. Posteriormente, o solo foi incubado com calcário dolomítico (PRNT 100%), para elevar a saturação por bases a 60% (Raij, 1981); em seguida, foi realizada uma adubação com N-P-K (4-14-8), sendo aplicados 4 mg Kg^{-1} solo de N, 7 mg Kg^{-1} solo de P e 13 mg Kg^{-1} solo de K. Após a correção, o solo foi analisado, apresentando as características mostradas na Tabela 2.

TABELA 2 Características químicas do solo usado no experimento após correção.

Características e unidades	Extrator/metodologia	Solo corrigido
pH	Água (1:2,5)/potenciometria	5,9
P (mg dm ⁻³)	Mehlich I/colorimetria	26,3
K ⁺ (mg dm ⁻³)	Mehlich I/fotometria de chama	181
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	KCl 1 mol L ⁻¹ /titulometria	5,6
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	KCl 1 mol L ⁻¹ /titulometria	2,5
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	KCl 1 mol L ⁻¹ /titulometria	0,0
H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	SMP/potenciometria	2,1
V%	Calculado	80,3
MO (dag kg ⁻¹)	Na ₂ Cr ₇ + H ₂ SO ₄ /colorimetria	3,8

As amostras testes (solos da Amazônia) foram avaliadas quanto ao número de propágulos infectivos. Estas amostras foram originadas da combinação das 98 amostras de solo coletadas dentro de cada janela, em cada sistema de uso da terra (Tabela 1). Antes de sua utilização, as amostras de solos foram passadas em peneira com abertura de 4mm, permitindo que, durante o preparo das diluições, houvesse melhor homogeneização dos solos testes com o solo diluente. A diluição das amostras de solos (solos testes) foi feita de acordo com Porter (1979), usando base 10 de diluição 45 g da amostra do solo teste para 405 g do solo diluente (1: 9), da diluição 10⁰ até a diluição 10⁻⁵ para cada amostra, com 3 repetições por diluição. Para os tratamentos correspondentes às amostras sem diluição 10⁰ foi determinada a porcentagem de colonização de acordo com o método de Giovanetti & Mosse (1980).

Cinco sementes de cebolinha foram semeadas em cada tubete (50 cm³), seguindo-se de adubações semanais (macro e micronutrientes, exceto o fósforo) e mensais (apenas para o fósforo), conforme metodologias adaptadas de Brundrett et al. (1994). A irrigação foi realizada diariamente, conforme necessidade da planta. Após a emergência das plântulas foi feito o desbaste, sendo mantidas apenas duas plantas por tubete e, após um período de sete semanas, as plantas foram colhidas, retirando-se as raízes, lavando-as, clareando-as e fazendo-se coloração, segundo Phillips & Hayman (1970), para avaliação microscópica da

presença (+) ou ausência (-) de estruturas típicas produzidas pelos FMAs (hifas, vesículas e arbúsculos). Com o resultado obtido para o conjunto de diluições, calculou-se a estimativa da densidade de propágulos infectivos pelo programa *Most Probable Number Enumeration System* – MPNES (Bennett et al., 1990), expressando-se o resultado do NPI por g de solo seco, determinando-se também o limite de confiança a 95% de probabilidade.

3.3.2 Avaliação da eficiência de comunidades de FMAs em caupi

Fungos oriundos das amostras de solo da Amazônia foram multiplicados em vasos de 1,5 kg, com substrato composto por areia esterilizada e solo das amostras (solos da Amazônia), na proporção de 1:1 e cultivados com *Sorghum sudanense* e *Vigna unguiculata*, por 150 dias em casa-de-vegetação da Universidade Regional de Blumenau - FURB. Após esse período de multiplicação, as amostras de solo contendo os esporos foram enviadas para a UFLA onde se procedeu à extração dos esporos (Gerdemann & Nicolson, 1963) para posterior contagem e identificação. A avaliação e identificação dos isolados de FMAs foram feitas de acordo com as descrições morfológicas desses organismos, conforme INVAM (<http://invam.caf.wvu.edu>). Em seguida, realizou-se o ensaio para avaliação da eficiência de comunidades de FMAs em Caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp var. BR14 Mulato]. Utilizou-se o caupi por ser uma cultura de interesse regional na Amazônia, além de ser uma planta micotrófica que apresenta elevado grau de colonização e responde positivamente à colonização pelos FMAs. O experimento foi instalado em janeiro de 2005, em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (DCS-UFLA), o qual foi conduzido por 82 dias (início de floração da espécie).

O experimento constou da avaliação de 51 comunidades fúngicas e foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com 54 tratamentos com

FMAe e seis repetições. Só foram empregadas amostras, contendo cerca de um esporo por mL de solo, que se constituíram de 51 tratamentos de comunidades fúngicas da Amazônia (Tabela 3), mais três tratamentos adicionais (*Glomus etunicatum* – Ge, obtidos da coleção de FMAs-DCS/UFLA, utilizado como referência de eficiência; testemunha-sem fungo - NI; mistura de todas as amostras coletadas nos diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia - Mi). As amostras, originadas de floresta, não foram incluídas neste teste por não apresentar em densidade suficiente de esporos. O solo empregado na composição do substrato foi o mesmo empregado no experimento do NMP (Tabela 2).

Antes da semeadura, as sementes sofreram desinfestação superficial com álcool 70% e hipoclorito de sódio 2% por 2 minutos e foram, posteriormente, lavadas com água destilada, esterilizada por seis vezes. As plântulas foram obtidas a partir de sementes germinadas em papel de filtro a 28°C, em câmara de germinação, por um período de 24 horas. Após a germinação, as plântulas foram inoculadas pela deposição de 50g de solo inoculo, logo abaixo da radícula das plântulas de caupi, durante a transferência para tubetes de 200 cm³ (uma plântula por tubete). No tratamento sem inoculação com FMAs, aplicaram-se 10 mL tubete⁻¹ de um filtrado do inóculo isento de propágulos de FMAs, mais 50g do solo inoculo, esterilizado duas vezes. Em vasos adicionais, foram aplicados aproximadamente 100 esporos de *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann, diretamente na radícula da plântula. A suspensão de esporos foi calibrada de modo que 2 mL tubete⁻¹ fornecessem a carga de inóculo desejada, este tratamento também recebeu 50g do solo inoculo, esterilizado duas vezes. Além da inoculação com FMAs, todos os tratamentos foram inoculados com 1mL de inoculante por plântula, com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Bradyrhizobium*, estirpe INPA03-11B, mantidas em meio YMA (Vicente, 1970) semi-sólido, por cinco dias a 28°C. A irrigação dos tubetes foi realizada diariamente, conforme necessidade das plantas.

TABELA 3 FMAs e número de esporos de amostras de solo de diferentes sistemas de uso da terra (SUT), na região do alto Solimões– AM, após multiplicação em *Sorghum sudanense* e *Vigna unguiculata*.

SUT/ Amostras	FMAs (número esporos por espécies)	Esporos (50 mL solo)
Pastagem		
6/82 *	<i>A. foveata</i> (415)	415
6/84	<i>A. foveata</i> (143)	143
6/86	<i>A. foveata</i> (206)	206
6/87	<i>A. foveata</i> (174)	174
6/89	<i>E. infrequens</i> (10); <i>A. bireticulata</i> -like (4); <i>Glomus</i> sp.1 (1750); <i>A. foveata</i> (45)	1809
6/91	<i>Gigaspora</i> sp (11); <i>E. colombiana</i> (283)	294
6/92	<i>A. foveata</i> (2115)	2115
6/94	<i>Acaulospora tuberculata</i> (133)	133
6/95	<i>A. foveata</i> (270)	270
6/96	<i>A. foveata</i> (112); <i>Archaeospora leptoticha</i> (15)	127
Roça		
2/18	<i>Glomus</i> sp.1 (778)	778
2/19A	<i>Glomus</i> sp.1 (332)	332
2/21	<i>A. foveata</i> (125); <i>Glomus</i> sp.1. (45)	170
2/26	<i>E. colombiana</i> (166)	166
2/28	<i>Glomus</i> sp.1 (156)	156
3/33	<i>Acaulospora</i> sp.1 (174)	174
3/44A	<i>Acaulospora</i> sp.1 (150)	150
4/49	<i>A. morrowiae</i> (54); <i>Glomus</i> sp.1 (85); <i>E. infrequens</i> (4)	143
4/50	<i>Glomus</i> sp.1 (2060)	2060
4/51	<i>A. foveata</i> (110)	110
4/55	<i>Glomus</i> sp.1 (113); <i>Acaulospora spinosa</i> (2)	115
4/58	<i>Glomus</i> sp.1 (311); <i>Scutellospora</i> sp. (1)	312
Agrofloresta		
2/17	<i>Glomus</i> sp.1 (246)	246
2/20	<i>Paraglomus occultum</i> (43)	43
2/24A	<i>Glomus</i> sp.1 (58)	58
2/25	<i>A. morrowiae</i> (57)	57
5/66	<i>A. morrowiae</i> (121)	121
5/67	<i>A. morrowiae</i> (253)	253
Capoeira Nova		
1/01	<i>Glomus</i> sp.1 (206)	206
1/02	<i>G. claridium</i> (140); <i>G. clarum</i> (54); <i>E. infrequens</i> (82)	276
2/29	<i>Acaulospora delicata</i> (730)	730
2/30	<i>Acaulospora delicata</i> (1850)	1850
2/31	<i>Acaulospora delicata</i> (650)	650
3/34	<i>A. foveata</i> (308)	308
3/35	<i>A. foveata</i> (3052)	3052
3/38	<i>Glomus</i> sp. 1 (2186)	2186
4/53	<i>Glomus</i> sp. 1 (612); <i>Acaulospora</i> sp. 1(143)	755
4/54	<i>Glomus</i> sp.1 (370)	370
4/56	<i>Glomus</i> sp.1 (138)	138
4/63	<i>Glomus</i> sp.1 (252)	252
4/64	<i>A. foveata</i> (170)	170
5/65	<i>Glomus</i> sp.1 (51)	51
5/68	<i>A. foveata</i> (2050)	2050
5/69	<i>A. foveata</i> (2810)	2810
5/74	<i>Glomus</i> sp.1 (60)	60
5/80	<i>Acaulospora</i> sp.1 (115)	115
Capoeira Velha		
2/23	<i>Glomus</i> sp.2 (46)	46
3/37	<i>Glomus</i> sp.1 (1584); <i>A. morrowiae</i> (31)	1615
4/60	<i>A. foveata</i> (150)	150
5/70A	<i>A. morrowiae</i> (360)	360
6/81	<i>E. colombiana</i> (45)	45

* O primeiro número é janela.

Após 82 dias de crescimento em casa-de-vegetação, as plantas foram retiradas dos tubetes, separadas em parte aérea e raízes e lavadas em água corrente. A percentagem de colonização foi avaliada, segundo Giovanetti & Mosse (1980), pela coloração de aproximadamente 1g de raízes frescas de cada planta, conforme Phillips & Haymann (1970). Após secagem do material em estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 60 °C até peso constante, determinou-se a matéria seca da parte aérea (MSPA) e a matéria seca de raízes (MSR). Em seguida, a matéria seca da parte aérea foi moída e submetida à análise química de N e P. Do extrato obtido por digestão nitroperclórica (Zarosky & Baurau, 1977), determinou-se o teor de fósforo por espectrofotometria de absorção atômica. O nitrogênio foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl (Lião, 1981) e a destilação e titulação, segundo Bremner & Edward (1965). Foi determinada também a nodulação das plantas.

Para melhor entendimento das respostas encontradas, a partir da MSPA foram calculados os índices relativos para os efeitos dos tratamentos estudados como segue:

a) Responsividade do caupi (R)

$R = (I / NI) \times 100$; I= MSPA de plantas inoculadas, NI= MSPA de plantas não inoculadas.

b) Eficiência simbiótica dos fungos (E)

$E = ((I - NI) / NI) \times 100$; I= MSPA de plantas inoculadas, NI= MSPA de plantas não inoculadas.

c) Eficiência Relativa ao *Glomus etunicatum* (ER-Ge)

$ER-Ge = (I / Ge) \times 100$; I= MSPA de plantas inoculadas com isolados dos diferentes sistemas de uso da Amazônia, Ge= MSPA de plantas inoculadas com *Glomus etunicatum*.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância e teste de média (Scott-Knott) pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000), sendo os dados de colonização transformados pelo arco seno $(x/100)^{1/2}$. Objetivando avaliar possíveis diferenças entre os SUTs , no conjunto dos dados foi aplicada uma análise à parte e idêntica à empregada nos 54 tratamentos avaliados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Número mais provável (NMP) de propágulos infectivos

O número mais provável (NMP) de propágulos infectivos, em amostras de solo provenientes dos vários sistemas de uso da terra estudados, revelou baixa infectividade do solo. Nenhum sinal de colonização foi encontrado nas amostras com diluição acima de 10^{-1} , indicando baixa densidade de propágulos nestas amostras. O NMP encontrado foi máximo nas amostras de pastagem (Tabela 4) atingindo 3,56 propágulos g^{-1} de solo. Nas amostras provenientes de floresta e agrofloresta não foram detectados propágulos infectivos de FMAs. O NMP de propágulos infectivos, encontrados neste bioensaio, encontra-se no intervalo obtido por Souza & Guerra (1998), que encontraram, em áreas agrícolas, uma densidade de propágulos infectivos, variando de 0,29 a 13 propágulos infectivos g^{-1} solo e se assemelham aos encontrados por Silva et al. (2001), em áreas de caatinga nativa (0,15 propágulos infectivos g^{-1} solo) e em área onde foi removida a camada superficial do solo (0,36 propágulos infectivos g^{-1} solo). Contudo, em área de campo com espécies gramíneas e arbustivas e sem intervenção antrópica no sul de Minas Gerais, Melloni (2001) encontrou uma densidade de propágulos infectivos mais elevada (42,5 propágulos infectivos g^{-1} solo) do que os obtidos neste trabalho. Os resultados deste autor corroboram os encontrados nesse estudo para o sistema de Pastagem, o qual é dominado por gramíneas, e que apresentou o maior valor (3,56) de número de propágulos infectivos. De maneira geral, as gramíneas são boas multiplicadoras de FMAs (Cardoso & Lambais, 1992; Colozzi-Filho & Balota, 1994), o que pode ter contribuído para o alto potencial de inóculo nesse sistema. Apesar dos valores de NMP encontrados entre os diferentes SUT's nesse trabalho terem sido estatisticamente semelhantes, algumas considerações são pertinentes. A ausência de propágulos infectivos na amostra de solo do

ecossistema de floresta e agrofloresta pode ter ocorrido em função da presença de esporos dormentes, o que pode ter mascarado a análise do NMP de propágulos infectivos para esta amostra. Uma explicação alternativa para os resultados nulos nesses sistemas, é o fato de que as amostras possuísem uma baixa densidade de propágulos infectivos antes do bioensaio, e, portanto, após as diluições, não foi possível a detecção de propágulos infectivos pela técnica do NMP. Fischer et al. (1994) observaram que o número de propágulos micorrízicos, em uma área de floresta tropical secundária, foi baixo (0,006 a 0,1 propágulos infectivos g^{-1} solo). Estes mesmos autores encontraram níveis mais elevados de propágulos infectivos (0,57 a 0,63 propágulos infectivos g^{-1} solo), em local com vegetação composta principalmente por gramíneas, corroborando os resultados encontrados neste trabalho, principalmente para o sistema de pastagem, como discutido acima.

TABELA 4 Número mais provável (NMP) de propágulos infectivos e colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares em plantas de cebolinha cultivadas em amostras de solo de diferentes sistemas de uso da terra na região do Alto Solimões– AM.

SUT*	NMPn ^o g ⁻¹ solo.....	Limite de Confiança**
Floresta	0,00	0
Capoeira	1,62	0,87 – 3,05
Roça	1,62	0,94 – 2,80
Agrofloresta	0,00	0
Pastagem	3,56	1,20 -10,61

* Sistema de uso da terra; ** 95% de probabilidade

Quando avaliada a colonização micorrízica, pela observação microscópica de raízes coloridas nas amostras de solo sem diluição (10^0), todos os tratamentos, com exceção da amostra de solo proveniente de agrofloresta,

apresentaram colonização. Esta variou de 0 a 17% e não apresentou diferença significativa pelo teste F ($p > 0,05$) para os diferentes SUT's. Na amostra de solo, proveniente de floresta, não foi detectado propágulos infectivos de FMAs, no entanto, quando avaliada a colonização micorrízica das plantas de cebolinha, cultivadas na amostra de solo sem diluição (10^0) proveniente desse sistema, estas apresentaram-se colonizadas, indicando, possivelmente, que não há relação entre o número de propágulos infectivos e a porcentagem de colonização. Como relatam Liu & Luo (1994), o grau de colonização é uma estimativa da biomassa fúngica dentro da raiz, não de propágulos infectivos no campo e a correlação entre o grau de colonização e propágulos infectivos não é freqüentemente encontrada.

Com exceção de pastagem, os vários sistemas de uso da terra estudados revelaram baixa infectividade do solo, e, apesar das limitações da técnica do NMP, esta mostrou sensibilidade para evidenciar os efeitos dos diferentes SUT's sobre os FMAs indígenas.

4.2 Colonização micorrízica e eficiência das comunidades fúngicas isoladas

4.2.1 Colonização micorrízica

A porcentagem de colonização apresentou ampla variação entre as comunidades fúngicas avaliadas (Tabela 1A) variando de 1 a 68% (Figura 4), não havendo, no entanto, correlação entre o número de esporos e a porcentagem de colonização (teste t 5%). Por exemplo, plantas inoculadas com amostras que continham 115 (55Roça) e 3052 (35CapNova) esporos em 50 mL de solo apresentaram porcentagem de colonização estatisticamente igual e superior a 50%. As plantas do tratamento-controle não apresentaram colonização micorrízica. Os maiores níveis de colonização foram observados em plantas

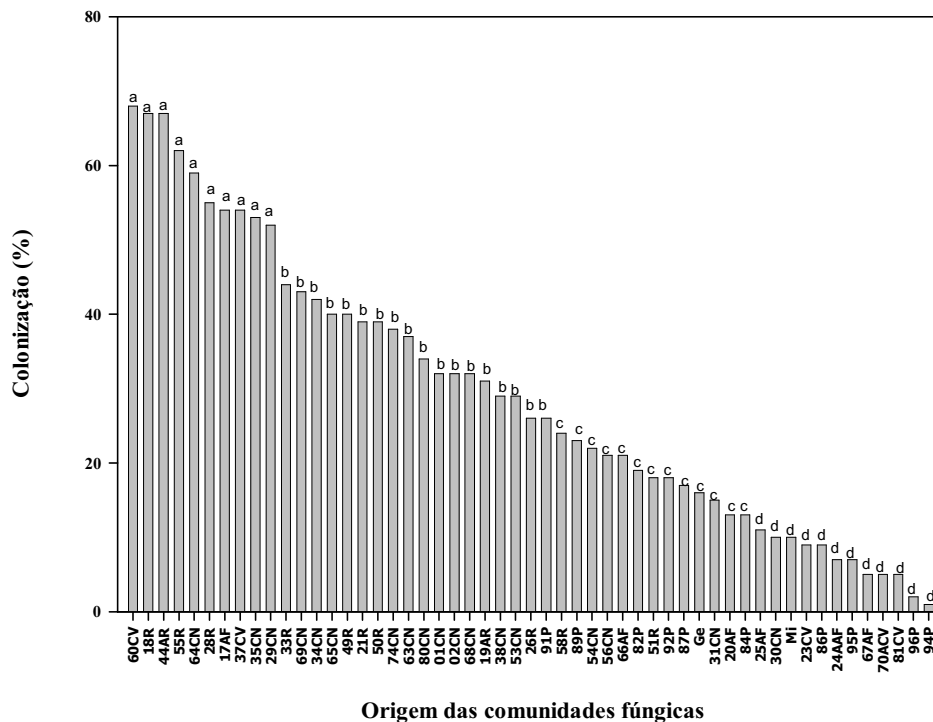


FIGURA 4 Colonização micorrízica das plantas de caupi aos 82 dias após o plantio e inoculação com diferentes comunidades de FMAs oriundas de solos de diferentes sistemas de uso na região do Alto Solimões- AM. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (Scott-Knott 5%).

inoculadas com comunidades de FMAs, oriundas de amostras de solos provenientes de capoeira nova, roça, agrofloresta e capoeira velha. Entre as comunidades de capoeira nova, esses maiores níveis de colonização foram verificados nas plantas inoculadas com as comunidades 29 CapNova (*A. delicata*), 35 CapNova e 64 CapNova (*A. foveata*), pertencentes, respectivamente, às janelas 2, 3 e 4. Nas amostras provenientes de agrofloresta e capoeira velha, os maiores níveis de colonização foram obtidos pelas plantas inoculadas com as comunidades 17Agrofloresta (*Glomus sp.1*), 37CapVelha (*Glomus sp.1 + Acaulospora morrowiae*) e 60 CapVelha (*A. foveata*), também pertencentes às janelas 2, 3 e 4, respectivamente. Com exceção da comunidade

37CapVelha (*Glomus sp.1* + *Acaulospora morrowiae*), as demais comunidades, que apresentaram os maiores níveis de colonização, promoveram aumentos significativos na produção de MSPA do caupi em relação ao controle NI. Todas as plantas inoculadas apresentaram colonização micorrízica, mesmo em níveis baixos, como nas inoculadas com as comunidades 30CapNova (*Acaulospora delicata*), 24A Agrofloresta (*Glomus sp.1*), 25Agrofloresta (*Acaulospora morrowiae*), 67Agrofloresta (*Acaulospora morrowiae*), 23CapVelha (*Glomus sp. "Brown"*), 70A CapVelha (*Acaulospora morrowiae*), 81 CapVelha (*E. colombiana*), 86Pastagem (*A. foveata*), 94Pastagem (*Acaulospora turberculata*), 95Pastagem (*A. foveata*), 96Pastagem (*A. foveata* + *Archaeospora leptoticha*) e Mi. A colonização das plantas de caupi com o *Glomus etunicatum* (Ge) foi de 16%, resultado este inferior aos encontrados por Raposo (1989), em duas variedades de caupi (61,8 e 63%) e por Melloni (2001), em feijoeiro (22%). Também Rohyadi et al. (2004) obtiveram, em caupi, colonização superior aos encontrados neste trabalho (acima de 35%), mesmo em condições de acidez do solo (pH 4,7). Algumas comunidades fúngicas, como 94Pastagem (*Acaulospora turberculata*), 95Pastagem (*A. foveata*) e 96Pastagem (*A. foveata* + *Archaeospora leptoticha*), mesmo apresentando baixa colonização, tiveram efeitos significativos na produção de massa seca da parte aérea (MSPA) e raízes (MSR) (exceto 95Pastagem para a MSR), teor de P e acúmulo de P e N na MSPA das plantas de caupi (Tabela 5) em relação ao não inoculado, inferindo-se, desta forma, que os FMAs, independente do grau de colonização radicular, podem influenciar significativamente o crescimento da planta hospedeira.

4.2.2 Efeito no crescimento, teores e acúmulo de N e P

Os tratamentos estudados exerceram efeitos significativos e muito variados na produção de massa seca da parte aérea e raízes (Tabela 2A e Tabela 5). Todas as comunidades de FMAs, originadas de pastagem e roça, aumentaram

significativamente a produção de matéria seca da parte aérea do caupi, em relação ao tratamento sem inoculação, ou seja todas foram eficientes. Nas comunidades originadas de roça, estes aumentos variaram em média de 33% a 137%, enquanto que na pastagem foram obtidos incrementos entre 31% e 148%. Na capoeira nova, agrofloresta e capoeira velha, várias comunidades não diferiram do controle e a proporção das comunidades fúngicas, com efeitos significativos, variou muito quanto à origem (SUT's) (Figura 5a). As maiores produções de MSPA foram obtidas com comunidades originadas de todos os SUT's, com exceção de agrofloresta. Entre as comunidades de pastagem, 30% promoveram máxima produção de MSPA, enquanto nas comunidades originadas de roça, onde todas foram significativamente superiores ao não inoculado, apenas 8% proporcionaram máxima produção de MSPA (Figura 5b). A inoculação com *Glomus etunicatum* (Ge) e a mistura das comunidades originadas dos diferentes SUT's da Amazônia (Mi), proporcionaram aumentos de 52% e 44%, respectivamente, na matéria seca da parte aérea das plantas de caupi em relação ao não inoculado, não havendo, contudo, diferenças significativas entre estes tratamentos. Observou-se, neste estudo, que comunidades contendo as espécies *A. foveata* e *Glomus sp.1*, originadas de amostras de capoeira nova, apresentaram máxima produção de MSPA e comunidades destas mesmas espécies que não promoveram efeitos significativos em relação ao tratamento sem inoculação. Estes resultados podem ser explicados pela presença de outros fungos nas comunidades e que não estavam esporulando quando da utilização do inóculo para a montagem do experimento. Neste momento, apenas a *A. foveata* e o *Glomus sp.1* foram as espécies que estavam esporulando nessas comunidades, que promoveram ou não produção de MSPA de caupi. No entanto, elas podem não ser as únicas espécies presentes no inóculo, talvez haja outras espécies de FMAs que nas amostras que não houve promoção de crescimento foram as que colonizaram as plantas de caupi.

TABELA 5 Massa da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR), secas, teores e acúmulo de N e P na massa seca da parte aérea das plantas de caupi aos 82 dias após o plantio e inoculação com diferentes comunidades de FMAs oriundas de solos de diferentes sistemas de uso da terra na região do Alto Solimões AM (SUT/ Amostras).

SUT /Amostras	MSPA	MSR	N	P	N	P
	-----g-----		----- g Kg ⁻¹ -----		---- mg planta ⁻¹ ----	
Pastagem						
82	2,74 b	2,50 b	20,83 e	1,03 b	57,36 b	2,82 a
84	2,51 b	2,37 b	23,33 e	1,07 b	58,71 b	2,65 a
86	2,14 c	1,93 c	21,96 e	0,34 d	46,64 c	0,73 c
87	3,72 a	2,47 b	28,03 e	0,76 c	104,44 a	2,81 a
89	3,27 a	2,06 c	21,56 e	0,66 c	71,21 b	2,16 b
91	2,98 b	2,16 b	19,16 f	0,89 b	56,68 b	2,66 a
92	3,25 a	2,35 b	22,70 e	0,78 c	73,88 b	2,54 a
94	1,97 c	2,21 b	22,43 e	1,05 b	44,29 c	2,07 b
95	2,12 c	1,81 c	20,76 e	0,89 b	44,09 c	1,90 b
96	2,23 c	2,16 b	21,36 e	0,84 c	47,37 c	1,86 b
Roça						
18	2,95 b	2,84 a	19,96 f	1,06 b	59,39 b	3,12 a
19A	2,07 c	2,05 c	58,83 a	1,44 a	121,77 a	3,04 a
21	2,70 b	1,66 c	21,73 e	0,95 b	58,77 b	2,65 a
26	2,65 b	1,95 c	14,10 f	0,97 b	37,16 c	2,57 a
28	2,99 b	2,26 b	20,73 e	1,16 a	61,94 b	3,45 a
33	2,33 c	2,19 b	22,70 e	0,97 b	52,12 b	2,26 a
44A	3,56 a	2,28 b	25,46 e	0,26 d	89,91 a	0,98 c
49	1,99 c	2,22 b	16,80 f	1,21 a	33,00 c	2,69 a
50	2,55 b	2,97 a	19,70 f	0,83 c	50,51 c	2,12 b
51	3,05 b	2,13 b	22,30 e	0,98 b	67,97 b	3,00 a
55	2,48 b	2,38 b	17,86 f	0,70 c	43,98 c	1,73 b
58	2,62 b	2,52 b	16,36 f	0,80 c	42,67 c	2,09 b
Agrofloresta						
17	2,32 c	2,32 b	24,76 e	1,26 a	63,74 b	3,00 a
20	1,61 d	2,23 b	24,63 e	1,31 a	41,05 c	2,04 b
24A	1,86 d	1,33 c	22,60 e	1,17 a	41,99 c	2,13 b
25	1,68 d	1,39 c	22,90 e	1,36 a	36,88 c	2,05 b
66	2,14 c	1,87 c	45,33 c	1,10 b	99,48 a	2,36 a
67	1,58 d	1,55 c	31,53 e	1,05 b	48,68 c	1,67 b
Capoeira Nova						
01	2,36 c	1,93 c	20,96 e	1,11 b	46,46 c	2,49 a
02	1,83 d	2,33 b	22,96 e	1,35 a	42,33 c	2,45 a
29	2,58 b	2,87 a	37,56 d	1,10 b	95,40 a	2,83 a
30	1,72 d	1,90 c	19,40 f	1,06 b	33,50 c	1,84 b
31	2,30 c	1,49 c	18,03 f	1,07 b	41,61 c	2,46 a
34	2,56 b	2,61 a	18,83 f	0,66 c	45,65 c	1,70 b
35	3,36 a	1,87 c	15,46 f	0,70 c	51,37 b	2,32 a
38	3,36 a	2,32 b	20,03 f	0,89 b	67,38 b	2,99 a
53	2,99 b	2,49 b	15,86 f	0,33 d	46,93 c	0,99 c
54	2,95 b	2,26 b	17,50 f	0,67 c	51,99 b	2,01 b
56	1,60 d	1,80 c	17,80 f	0,65 c	28,86 c	1,07 c
63	2,05 c	2,88 a	18,86 f	0,76 c	40,39 c	1,56 b
64	2,14 c	2,40 b	25,36 e	0,92 b	60,77 b	1,97 b
65	2,41 c	2,40 b	20,46 e	1,09 b	48,81 c	2,58 a
68	2,84 b	2,03 c	19,20 f	0,94 b	54,84 b	2,67 a
69	1,73 d	2,04 c	17,60 f	1,00 b	30,97 c	1,75 b
74	2,49 b	1,96 c	20,70 e	1,00 b	51,68 b	2,48 a
80	2,89 b	2,44 b	21,03 e	0,93 b	60,50 b	2,69 a

...Continua ...

SUT/ Amostras	MSPA		MSR		N		P	
	-----g-----		-----g Kg ⁻¹ -----		----- mg planta ⁻¹ -----			
Capoeira Velha								
23	1,89 d	1,97 c	20,90 e	1,09 b	39,56 c	2,06 b		
37	1,87 d	2,12 b	15,33 f	1,04 b	26,19 c	1,89 b		
60	3,32 a	1,90 c	15,16 f	0,82 c	50,26 b	2,78 a		
70A	1,54 d	2,10 c	20,96 e	1,07 b	32,08 c	1,62 b		
81	1,93 d	1,75 c	22,26 e	0,92 b	41,33 c	1,78 b		
Ge	2,28 c	2,19 b	25,76 e	0,97 b	57,85 b	2,19 b		
Mi	2,16 c	2,20 b	50,73 b	0,94 b	109,40 a	2,05 b		
NI	1,50 d	1,76 c	20,96 e	0,40 d	31,05 c	0,59 c		

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (ScottKnott 5%).

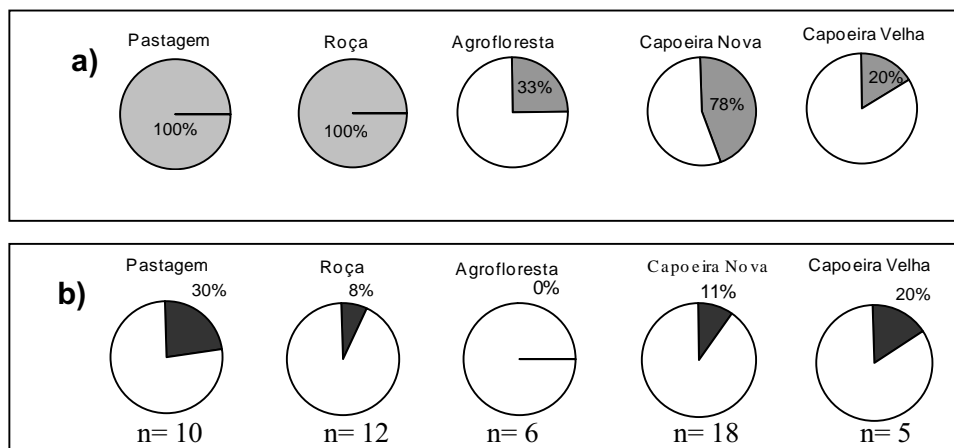


FIGURA 5 Percentagem das comunidades fúngicas que promoveram aumento significativo na produção de massa seca da parte aérea em relação ao não inoculado (a) e comunidades fúngicas que promoveram máxima produção de massa seca da parte aérea nas plantas de caupi (b).

A produção de MSR, também foi influenciada significativamente pelas comunidades fúngicas avaliadas (Tabela 2A), mas não seguiu a mesma tendência apresentada pela MSPA (Tabela 5). Das comunidades de FMAs, oriundas de pastagem e roça, todas proporcionaram aumento na MSPA do caupi, em relação ao não inoculado, enquanto que, para a MSR, 30% das comunidades originadas de pastagem e 25% de roça, não diferiram do tratamento sem inoculação. As comunidades 29CapNova (*Acaulospora delicata*), 34CapNova (*A. foveata*), 63CapNova, 18Roça e 50Roça (*Glomus sp.1*), originadas de capoeira nova e roça, promoveram máxima produção de MSR. Os tratamentos Ge e Mi promoveram aumento de cerca de 25% na MSR do caupi em relação ao não inoculado. Das 51 comunidades de FMAs, oriundas de inóculos de diferentes SUT's da Amazônia, 45% destas não diferiram estatisticamente da inoculação com o Ge na produção de MSR.

De maneira geral, as maiores porcentagens de colonização proporcionaram uma maior produção de matéria seca total das plantas de caupi, fato observado pela correlação positiva entre estas variáveis (Figura 6).

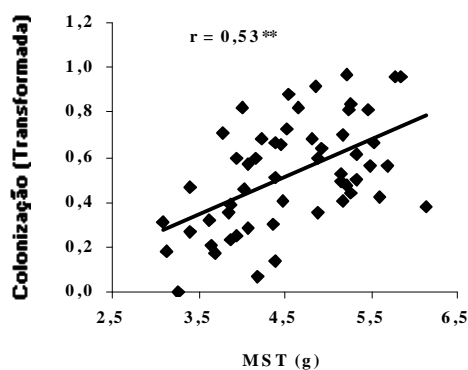


FIGURA 6 Correlação entre a porcentagem de colonização (dados transformados) e a matéria seca total (MST) das plantas de caupi.

Todas as plantas de caupi produziram poucos nódulos e de tamanho reduzido, inclusive as plantas do tratamento NI, indicando dessa forma, que os FMAs não contribuíram para a nodulação das plantas. No entanto, essa baixa nodulação pode estar associada ao brometo de metila, utilizado na esterilização do substrato, uma vez que pode haver redução ou inibição da nodulação em função da alta sensibilidade das bactérias diazotróficas ao resíduo do produto (Kishinevsky et al., 1992).

A inoculação influenciou os teores dos nutrientes (N e P) na MSPA das plantas de caupi (Tabela 3A e Tabela 5). A maioria das plantas inoculadas, com as diferentes comunidades, apresentou teores de N na MSPA, iguais ao das plantas sem inoculação, ocorrendo em muitos casos, comunidades fúngicas proporcionando diminuição do teor de N nas plantas em relação ao NI e apenas três das comunidades estudadas elevou os teores desse nutriente na massa seca da parte aérea. Essa redução nos teores de N na MSPA das plantas, provavelmente, está associado ao efeito de diluição, uma vez que a maioria das comunidades fúngicas avaliadas aumentaram significativamente a MSPA em relação ao NI. Esse efeito de diluição nos teores de N em plantas micorrizadas também tem sido mencionado por Ferreira (1987), em feijoeiro; Siqueira et al. (1986), em algodoeiro; Paula et al. (1988), em soja e Flores-Aylas et al. (2003), em várias espécies arbóreas. Os maiores teores de N foram observados na MSPA das plantas inoculadas com os tratamentos Mi e 19A Roça (*Glomus sp.1*), os quais, proporcionaram incrementos de 143 e 181%, respectivamente, em relação ao NI.

A inoculação aumentou significativamente o teor de P na MSPA do caupi, exceção feita apenas às plantas inoculadas com as comunidades 53CapNova (*Glomus sp.1* + *Acaulospora sp.1*), 44A Roça (*Acaulospora sp.1*), 86Pastagem (*A. foveata*) em relação ao NI (Tabela 5). A literatura que relata o aumento da absorção de P com a inoculação com FMAs é bastante ampla

(Siqueira & Oliveira, 1986; Paula et al., 1988; Sieverding, 1991; Smith & Read, 1997; Bolan, 1991; Paula et al., 1990; Bressan et al., 2001; Siqueira & Saggin Júnior, 2001; Santos, 2003; Stürmer, 2004; Rohyadi, 2004). Em plantas de *Phaseolus vulgaris*, Ferreira (1987) observou que a micorrização promoveu um maior acúmulo de N e P em todas as partes das plantas. Também Siqueira & Oliveira (1986) obtiveram aumentos acima de 100% nos teores de P na parte aérea de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) nas plantas micorrizadas, em solo corrigido com calcário. Howeler et al. (1987) observaram que, dos 37 isolados fúngicos avaliados, apenas seis não aumentaram absorção de fósforo em mandioca, quando comparados com as plantas não inoculadas. Tais autores observaram ainda que os teores de P na parte aérea de plantas de caupi micorrizadas, independentemente da dose de fósforo aplicada, foram superiores àquelas não micorrizadas. O efeito das micorrizas sobre o crescimento das plantas tem sido freqüentemente atribuído ao aumento na absorção de nutrientes, principalmente o P (Koide, 1991; Smith et al., 1992 e Smith & Read, 1997). De acordo com Moreira e Siqueira (2002), as populações de fungo mais eficientes são capazes de duplicar os teores de P na planta, quando esta é bem suprida com este nutriente.

Comparando os teores de fósforo entre plantas inoculadas e NI, observa-se que, em 72% dos tratamentos de FMAs avaliados, o aumento de MSPA devido à inoculação esteve associado ao aumento da concentração deste nutriente nos tecidos da planta (Tabela 5). Resultados semelhantes foram observados por Rohyadi et al. (2004), em plantas de caupi colonizadas por *Gigaspora margarita*, e por Stürmer (2004), em plantas de trevo vermelho, colonizadas por *Scutellospora verrugosa* e *Glomus clarum*, pertencentes à mesma comunidade micorrízica VA105 e por *Glomus sp* e *Gigaspora gigantea* da comunidade MN414C. No entanto, em algumas comunidades, como 53CapNova (*Glomus sp.1*+ *Acaulospora sp.1*), 44A Roça (*Acaulospora sp.1*),

86Pastagem (*A. foveata*), os FMAs podem estar determinando outros mecanismos para promover o crescimento do hospedeiro, que não seja o efeito direto no aumento da absorção de fósforo. Como relatam Saggin Júnior & Siqueira (1995), o benefício dos FMAs no crescimento das plantas hospedeiras tem como principal fator a melhoria da nutrição, principalmente pela redução do déficit de P, seja pela maior absorção e ou aumento da eficiência de uso do nutriente pela micorrização. Stürmer (2004) observou em plantas de soja que o isolado *Archaeospora trappei* JA205B promoveu crescimento da planta, mas não o aumento do conteúdo de P foliar, enquanto *Acaulospora mellea* MN414A promoveu a absorção de P, mas não teve nenhum efeito mensurável na produção de matéria da parte aérea. Este mesmo autor encontrou efeito semelhante ao encontrado em soja, colonizado pela *Acaulospora mellea* MN414A em trevo vermelho, colonizado por *S. calospora* MN414C. Também Santos (2003) observou que o açoita-cavalo, inoculado com o *Glomus sp* do campo e da serra e para a aroeira, inoculada com o *Glomus sp* do campo, não aumentaram a MSPA em relação ao NI, porém os teores de P foram iguais ou superiores aos das plantas inoculadas pelos isolados efetivos. Estes resultados corroboram com os resultados encontrados no presente trabalho, onde foram observadas comunidades de FMAs (02CapNova, 30CapNova, 69CapNova, 20Agrofloresta, 24A Agrofloresta, 25Agrofloresta, 67Agrofloresta, 23CapVelha, 37CapVelha, 70A CapVelha e 81CapVelha) que promoveram a absorção de P, mas que não tiveram nenhum efeito significativo na produção de MSPA em relação ao NI.

As comunidades fúngicas que promoveram maior absorção de P foram: 19A Roça (*Glomus sp. 1*), 28Roça (*Glomus sp. 1*), 49Roça (*A. morrowiae* + *Glomus sp. 1* + *E. infrequens*), 17Agrofloresta (*Glomus sp. 1*), 20Agrofloresta (*Paraglomus occultum*), 24A Agrofloresta (*Glomus sp. 1*), 25Agrofloresta (*A. morrowiae*) e 02CapNova (*G. claridium* + *G. clarum* + *E. infrequens*), no entanto, nem todas proporcionaram aumentos na produção de MSPA, por

exemplo, em agrofloresta das quatro que promoveram maior absorção de P, apenas uma (17Agrofloresta) promoveu aumento significativo na MSPA em relação ao NI.

As plantas inoculadas com os tratamentos Ge e Mi proporcionaram aumento significativo no teor de P na MSPA em relação ao NI (Tabela 5), sendo estes aumentos de 135% e 142%, respectivamente. Nas plantas inoculadas com o tratamento Mi, o teor de P e a produção de MSPA foi superior aos apresentados por muitos tratamentos de FMAs, colonizando as plantas sozinhas. No entanto, foram encontradas comunidades de FMAs que promoveram aumentos na MSPA e teores de nutrientes (N e P) superiores aos proporcionados pelo tratamento Mi. Conforme comentado por Stürmer (2004), uma mistura de isolados fúngicos tem demonstrado promover um benefício no crescimento maior do que isolados fúngicos, colonizando as raízes, sozinhas. Este mesmo autor observou que nem sempre a co-inoculação de dois isolados produziu maior benefício do que isolados inoculados sozinhas. Resultado este que corrobora com os encontrados no presente trabalho. Também Santos (2003) observou que a inoculação múltipla não promoveu incremento de MSPA, em comparação aos isolados estudados individualmente.

O efeito da inoculação foi muito variável quanto ao acúmulo de N e P na MSPA do caupi (Tabela 5). Observa-se aumento do acúmulo de N devido à inoculação, no entanto, 49% dos tratamentos de FMAs analisados não promoveram aumento significativo no acúmulo desse nutriente em relação ao NI. Os maiores acúmulos de N na MSPA foram encontrados nas plantas inoculadas com as comunidades 29CapNova, 19A Roça, 44A Roça, 66Agrofloresta, 87Pastagem e Mi, as quais apresentaram aumento de 207%, 292%, 190%, 220%, 236% e 252%, respectivamente, em relação ao NI. Com relação ao acúmulo de P, apenas as comunidades 53CapNova (*Glomus sp.1* + *Acaulospora sp.1*), 56CapNova (*Glomus sp.1*), 44A Roça (*Acaulospora sp.1*),

86Pastagem (*A. foveata*), não aumentaram, mas também não reduziram o acúmulo deste nutriente em relação ao NI. Em 51% das comunidades fúngicas avaliadas, o acúmulo de P na MSPA foi máximo e os incrementos proporcionados por estas variaram de 283 a 485% em relação ao NI.

Em geral, a maioria das comunidades fúngicas estudadas exerceram efeitos benéficos sobre as variáveis avaliadas nas plantas de caupi. Mesmo não tendo sido encontrada correlação entre a colonização e os teores de P no tecido das plantas, o maior benefício das comunidades fúngicas sobre o aumento da MSPA, parece estar relacionado com uma maior absorção desse nutriente pelas plantas, uma vez que 94% das comunidades fúngicas avaliadas foram capazes de elevar os teores de P na massa seca da parte aérea, em relação às plantas não inoculadas. Conforme relata Koide (1991), muitas das respostas para o benefício das micorrizas podem ser atribuídas à redução do déficit de P, seja pela maior absorção, e ou, aumento da eficiência de uso do nutriente pela micorrização. No entanto, alguns FMAs podem determinar outros mecanismos para promover o crescimento do hospedeiro que não seja o efeito direto do aumento da absorção de P.

4.2.3 Eficiência das comunidades de FMAs

Os efeitos (responsividade) das comunidades fúngicas sobre o crescimento do caupi foram positivos em 39% das comunidades fúngicas testadas (Tabela 6) e atingiram o valor máximo de 257% para a comunidade 87Pastagem (*A. foveata*). Isto evidencia a grandeza da resposta desta planta aos FMAs estudados. Rohyadi (2004), estudando os efeitos dos isolados *Gigaspora margarita* e *Glomus etunicatum*, em diversas condições de acidez do solo, observou respostas positivas da inoculação com estes isolados sobre o

TABELA 6 Responsividade (R), eficiência em relação ao não inoculado (NI) e eficiência relativa ao *Glomus etunicatum* (ER-Ge) de comunidades de FMAs oriundas de solos de diferentes sistemas de uso da terra na região do Alto Solimões AM (SUT/ Amostras).

SUT/ Amostras	Responsividade	Eficiência	ER-Ge
	-----%		
Pastagem			
82	190 a	90 a	133 a
84	121 b	71 b	126 a
86	145 b	46 b	107 a
87	257 a	157 a	179 a
89	227 a	127 a	158 a
91	203 a	103 a	141 a
92	221 a	121 a	160 a
94	135 b	35 b	97 a
95	148 b	48 b	102 a
96	153 b	53 b	110 a
Roça			
18	201 a	101 a	145 a
19A	141 b	41 b	102 a
21	188 a	88 a	127 a
26	184 a	84 a	127 a
28	206 a	106 a	146 a
33	158 b	58 b	119 a
44A	249 a	149 a	170 a
49	139 b	39 b	84 a
50	172 b	72 b	123 a
51	209 a	109 a	148 a
55	173 b	73 b	126 a
58	182 a	82 a	128 a
Agrofloresta			
17	156 b	56 b	119 a
20	114 b	14 b	81 a
24A	128 b	28 b	90 a
25	118 b	18 b	81 a
66	147 b	47 b	102 a
67	107 b	7 b	77 a
Capoeira Nova			
01	153 b	53 b	104 a
02	130 b	30 b	88 a
29	178 a	78 a	125 a
30	119 b	19 b	86 a
31	155 b	55 b	116 a
34	172 b	72 b	130 a
35	232 a	132 a	162 a
38	230 a	130 a	164 a
53	205 a	105 a	149 a
54	207 a	107 a	133 a
56	105 b	5 b	89 a
63	143 b	43 b	96 a
64	152 b	52 b	103 a
65	164 b	64 b	121 a
68	195 a	95 a	143 a
69	118 b	18 b	74 a
74	171 b	71 b	123 a
80	198 a	98 a	144 a

...Continua ...

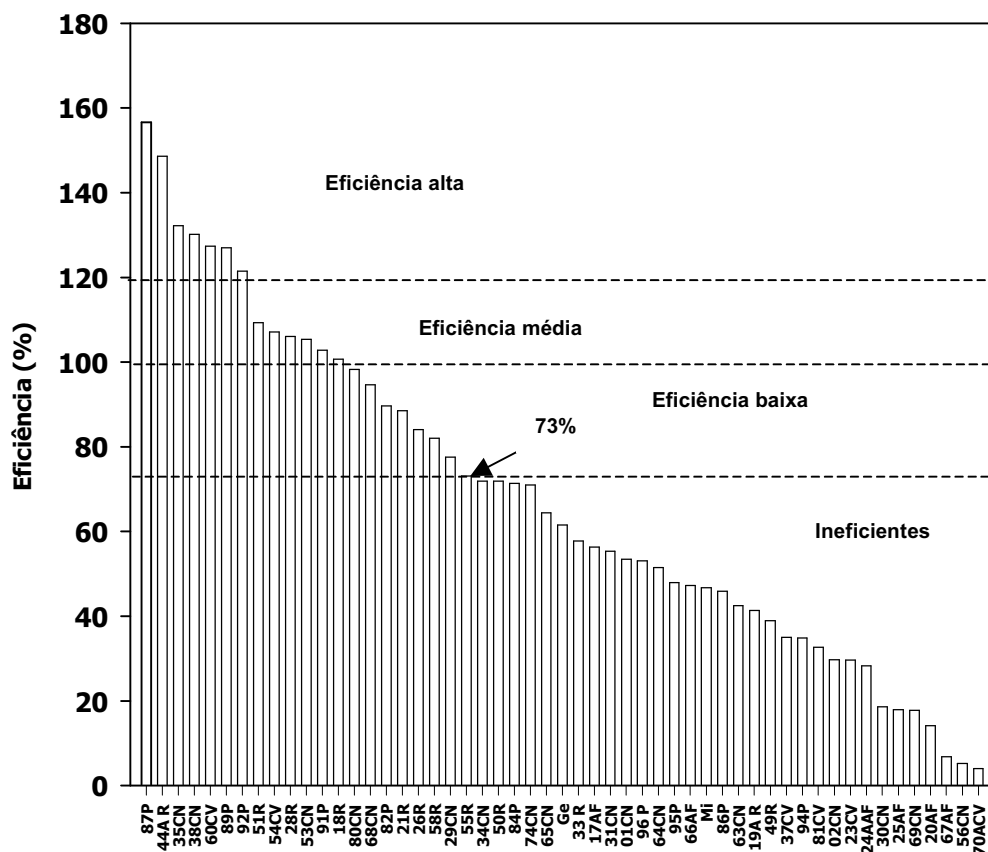
SUT / Amostras	Responsividade	Eficiência	ER-Ge
		-----%-----	
Capoeira Velha			
23	130 b	30 b	93 a
37	135 b	35 b	101 a
60	227 a	127 a	164 a
70A	104 b	4 b	78 a
81	133 b	33 b	94 a
Ge	162 b	62 b	100 a
Mi	147 b	47 b	108 a
Ni	100 b	0 b	---

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (ScottKnott 5%). Responsividade (R) com base na MSPA, $R = (\text{inoculado} \div \text{não-inoculado}) \times 100$. (NI=100%). *Glomus etunicatum* = 100%.

crescimento do caupi, no entanto, estes efeitos foram menos pronunciados do que os encontrados no presente trabalho. Comunidades capazes de promover respostas no caupi foram encontradas em todos os SUT's, exceto em agrofloresta. Entretanto, a maior incidência destes foi na roça e pastagem.

A eficiência das comunidades de FMAs (Figura 7) foi avaliada pela capacidade delas em proporcionar acréscimo de MSPA nas plantas colonizadas, em relação às não inoculadas e ao isolado referência *Glomus etunicatum*. O comportamento de cada comunidade de FMA quanto à eficiência e responsividade, tende a ser semelhante, pois os dois índices são baseados na produção de MSPA; no entanto, as grandezas são distintas.

Para a distinção de comunidades eficientes das ineficientes foram levados em consideração os dois grupos formados pelo teste de Skott-Knott (5%), o qual estabeleceu o limite superior de 73% para as comunidades ineficientes (iguais ao NI) (Figura 7). Entretanto, a divisão das comunidades eficientes em baixa, média e alta, não seguiu esse critério. Das 51 comunidades de FMAs estudadas, 39% foram eficientes para o caupi. Com exceção de agrofloresta, todos os SUT's apresentaram comunidades fúngicas eficientes; no entanto, a proporção destas dentro de cada SUT foi variável, sendo de 50% nas originadas de pastagem, 58% de roça, 39% de capoeira nova e 12% de capoeira



Origem das comunidades fúngicas

FIGURA 7 Eficiência das comunidades fúngicas em relação ao não inoculado. A divisão de comunidades fúngicas em eficientes e ineficientes foi feita pelo teste de Scott-Knott (5%), o qual estabeleceu o limite superior de 73% para as comunidades ineficientes.

44A Roça, aumentaram a concentração de P em relação às plantas não inoculadas, possivelmente por terem proporcionado uma maior absorção deste nutriente pelas plantas, uma vez que as plantas do NI apresentaram baixa produção de matéria seca da parte aérea, o que descarta a possibilidade de efeito de diluição neste tratamento. Os isolados de *Glomus etunicatum* e a mistura de

todas as comunidades, originadas dos diferentes SUT's da Amazônia, não foram efetivos para o caupi.

A Figura 7 mostra que, das comunidades avaliadas, sete apresentaram alta eficiência. Destas, três são originadas de pastagem [87P (*A. foveata*), 89P (*E. infrequens* + *Acaulospora bireticulata-like* + *Glomus sp.1* + *A. foveata*) e 92P (*A. foveata*)], duas de capoeira nova [35CN (*A. foveata*) e 38CN (*Glomus sp.1*)], uma de roça [44A R (*Glomus sp.1*)] e uma de capoeira velha [60CV (*A. foveata*)]. Relacionando esta alta eficiência com a origem destas comunidades, número de esporos nas amostras empregadas na inoculação, isolados presentes, grau de colonização radicular e os efeitos sobre a nutrição de N e P na planta, foi observado que a alta eficiência, apresentada por elas, não está necessariamente relacionada com o número de esporos presentes nas amostras e nem com o grau de colonização, nas plantas inoculadas com essas comunidades. Elas não fazem parte de uma janela específica e pertencem aos mais variados tipos de SUT's (exceto agrofloresta). Dentre as espécies que compõem estas comunidades, a *A. foveata* aparece em quase todas, com exceção de roça. Destaca-se ainda que todas as comunidades deste grupo de alta eficiência (com exceção de roça) promoveram aumento nos teores de fósforo e no acúmulo de N e P na MSPA do caupi, quando comparadas ao NI.

A Figura 8 mostra o dendograma de similaridade, para as comunidades fúngicas isoladas dos diferentes SUTs da Amazônia, construído de acordo com a variável microbiológica eficiência de comunidades de FMAs para o caupi. Observa-se na Figura 8 que as comunidades 2CN e 23CV; 66AF e 95P; 25AF e 69CN; 1CN e 96P; 34CN, 50R e 84P foram 100% similares entre si. A 55% de similaridade foram formados cinco grupos. No primeiro grupo (observando o dendograma de cima para baixo), a média de eficiência das comunidades fúngicas foi de 39%, estando presente neste grupo comunidades isoladas de todos os SUTs e janelas, como também o Mi. O segundo grupo foi o que

apresentou a menor média de eficiência (12%), onde estão presentes as comunidades 20AF, 25AF, 69CN, 30CN, 56CN, 67CN, 70aCV, destacando-se que neste grupo não foram encontradas comunidades isoladas de pastagem e roça. Já no terceiro grupo estão presentes comunidades originadas de todos os SUTs (exceto capoeira velha), incluindo-se também o Ge; a média de eficiência para estas comunidades foi de 62%.

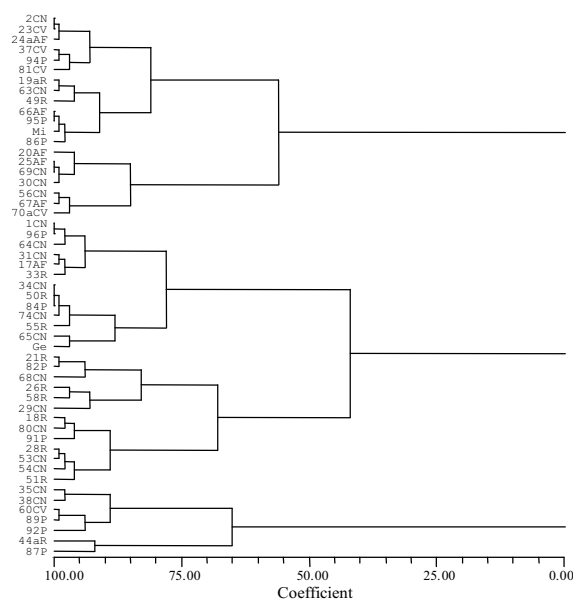


FIGURA 8 Dendrograma de similaridade, construído de acordo com a característica microbiológica (eficiência de comunidades fúngicas para o caupi), através dos dados referentes à eficiência das comunidades de FMAs isoladas dos diferentes SUTs da Amazônia.

A média de eficiência no quarto grupo foi de aproximadamente 96%; neste grupo só estão presentes comunidades isoladas de pastagem, capoeira nova e roça. Já o quinto grupo, que foi o que apresentou maior média de eficiência (135%), estão presentes todas as comunidades apresentadas na figura 7, como comunidades de alta eficiência; estas estão distribuídas em todos os SUTs, com

exceção de agrofloresta e pertencem as janelas 3, 4 e 5, sugerindo que a eficiência destas comunidades não está diretamente relacionada com a sua origem.

Relacionando os efeitos das comunidades de FMAs com os efeitos do isolado referência *Glomus etunicatum* (ER-Ge) com eficiência de 100% (Tabela 6), não foram observadas diferenças significativas entre as mesmas, mesmo os valores tendo variado de 74,34 a 179,0%. Santos (2003), avaliando a eficiência relativa ao *Glomus etunicatum* de cinco isolados de FMAs, em espécies vegetais, também não encontrou isolados com eficiência superior a este.

Como já comentado anteriormente, comunidades fúngicas eficientes foram encontradas em todos os SUT's, com exceção de agrofloresta, sugerindo que a eficiência destas não está diretamente relacionada com a sua origem. Por outro lado, apesar da grande variabilidade entre as comunidades estudadas, a maioria contribuiu para o crescimento do caupi.

4.3 Relação com a origem das comunidades fúngicas (SUT's)

Analisando os dados por sistema de uso da terra (SUT), verifica-se que, com exceção da eficiência relativa ao *Glomus etunicatum* (ER-Ge), todas as variáveis estudadas foram influenciadas significativamente pelos tratamentos de FMAs (Tabelas 4A, 5A e 6A). Entretanto, na maioria das variáveis avaliadas, não são observadas diferenças marcantes entre os SUTs, a exemplo da MSPA e dos teores e acúmulo de N e P nos tecidos da planta (Tabela 7). Contudo, quando comparadas ao NI, em média, as comunidades fúngicas originadas desses ecossistemas exerceram efeitos benéficos notáveis sobre as plantas de caupi, especialmente aqueles relacionados com o aumento na MSPA e nos teores de P, com ganhos médios de 57% e 142%, respectivamente.

Como já comentado na seção anterior, a maioria das comunidades fúngicas foram capazes de proporcionar benefícios às plantas de caupi, sendo

estes muito variáveis, mesmo dentro de cada SUT. Percebe-se, dessa forma, que a média dos efeitos das comunidades fúngicas por SUT não reflete seus efeitos isoladamente, sugerindo que a eficiência dessas comunidades não está necessariamente relacionada com a sua origem.

Por outro lado, quando os efeitos das comunidades originadas dos diferentes SUTs foram relacionados com os efeitos do isolado referência *Glomus etunicatum*, todas foram estatisticamente semelhantes a este, não havendo, portanto, comunidades de FMAs com eficiência inferior ou superior ao *Glomus etunicatum*.

TABELA 7 Massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR), teor e acúmulo de N e P na MSPA, colonização micorrízica, Responsividade com base na MSPA, Eficiência em relação ao não inoculado e Eficiência Relativa ao *Glomus etunicatum* = 100% (ER-Ge) das plantas de caupi aos 82 dias após o plantio e inoculação com diferentes comunidades de FMAs oriundas de diferentes sistemas de uso da terra na região do alto Solimões – AM.

Origem dos FMAs	Variáveis				
	MSPA	N	P	N	P
g..... g Kg ⁻¹ mg planta ⁻¹	
Pastagem	2,69 a	22,21 c	0,83 a	60,47 b	2,22 a
Roça	2,66 a	23,04 c	0,94 a	59,93 b	2,47 a
Agrofloresta	1,87 b	28,62 b	1,21 a	55,30 b	2,21 a
Capoeira Nova	2,44 a	20,42 c	0,90 a	49,97 b	2,16 a
Capoeira Velha	2,11 a	18,92 c	0,99 a	37,88 c	2,03 a
Amplitude	1,87 – 2,69	18,92 – 28,62	0,83 – 1,21	37,88 – 60,47	2,03 – 2,47
Média	2,35	22,64	0,97	52,71	2,22
Ge	2,28 a	25,76 b	0,97 a	57,85 b	2,19 a
Mi	2,16 a	50,73 a	0,94 a	109,40 a	2,04 a
NI	1,50 b	20,90 c	0,40 b	31,04 c	0,59 b

Origem dos FMAs	Variáveis				
	MSR	Colonização	Responsividade*	Eficiência**	ER-Ge
g.....	%		
Pastagem	2,20 a	13 b	185,06 a	85,06 a	131,85 a
Roça	2,26 a	43 a	183,50 a	83,50 a	128,71 a
Agrofloresta	1,81 b	18 b	128,43 b	28,43 b	91,76 a
Capoeira Nova	2,21 a	34 a	168,14 a	68,14 a	119,44 a
Capoeira Velha	1,96 b	28 b	145,74 b	45,74 b	106,00 a
Amplitude	1,81 – 2,26	13 - 43	128,43 – 185,06	28,43 – 85,06	91,76 – 131,85
Média	2,10	27,20	162,17	62,17	115,55
Ge	2,19 a	16 b	161,54 a	61,54 a	100,00 a
Mi	2,20 a	10 b	146,71 b	46,71 b	108,08 a
NI	1,76 b	-----	100,00 b	0,00 b	-----

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (Scott-Knott 5%). * Responsividade = (inoculado ÷ não-inoculado) x 100, tratamentos com médias estatisticamente superiores ao NI = 100% são considerados responsivos. ** Eficiência = (inoculado – não inoculado/não inoculado) x 100, tratamentos com médias estatisticamente superiores ao NI = 0,00 são considerados responsivos.

Desta forma, os resultados apresentados neste trabalho mostram que comunidades de FMAs eficientes estão distribuídas em todos os SUTs, com uma única exceção, a agrofloresta, e, apesar da grande variabilidade entre estas comunidades, para as variáveis analisadas, a maioria contribuiu para o crescimento do caupi em relação ao NI, evidenciando o grande potencial destas comunidades fúngicas em beneficiar a planta hospedeira. Portanto, fica evidente a importância do manejo dos FMAs nativos, visando maximizar seus efeitos, uma vez que são mais adaptados aos fatores estressantes do meio, em relação aos FMAs isolados de outros locais.

5 CONCLUSÕES

Os solos dos diversos sistemas de uso da Amazônia apresentaram baixa infectividade de FMAs, exceto os de área de pastagem;

Todas as comunidades fúngicas foram capazes de colonizar o caupi, porém, a taxa de colonização variou muito entre estas;

Das 51 comunidades fúngicas estudadas 39% foram eficientes para o caupi e só não foram encontradas comunidades de FMAs eficientes em amostras de agroflorestas;

É generalizada a capacidade dos FMAs, isolados de ecossistemas da Amazônia, em promover aumento nos teores de P no caupi em relação ao tratamento sem inoculação;

Os FMAs isolados de diferentes SUT's da Amazônia apresentaram ampla variação na capacidade de promover o crescimento do caupi, em condições controladas;

Das comunidades fúngicas estudadas, 76% aumentaram a MSPA do caupi, sendo estes mais comuns na roça e pastagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, L. K.; GAZEY, C. An ecological view of the formation of VA mycorrhizas. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 159, p. 69-78, 1994.

ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Factors influencing in the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas, **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 35, n. 2/3, p. 121-150, Apr. 1991.

ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D.; GAZEY, C. Selection Inoculant Vesicular-arbuscular Mycorrhizal fungi. **Methods in Microbiology**, London, v. 24, n. 1, p. 1-21, 1992.

ADELMAN, M. J.; MORTON, J. B. Infectivity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi: influence of host-soil diluent combination on MPN estimates and percentage colonization. **Soil Biological & biochemistry**, Oxford, v. 18, n. 1, p. 77-83, 1986.

ALEXANDER, I.; AHMAD, N.; SEE, S. S. The role of mycorrhizas in the regeneration of some Malaysian forest trees. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Serie B Biological Science**, London, v. 335, n. 1275, p. 379-388, Mar. 1992.

AN, Z. Q.; HENDRIX, J. W.; HERSHMAN, D. E.; HENSON, G. T. Evaluation of the "most probable number" (MPN) and wet-sieving methods for determining soil-borne population of endogonaceous mycorrhizal fungi. **Mycologia**, New York, v. 82, n. 5, p. 576-581, Sept./Oct. 1990.

AUGÉ, R. M.; STODOLA, A. J. W.; TIMS, J. E.; SAXTON, A. M. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 230, n. 1, p. 87-97, 2001.

AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J. M. Saprophytic growth of arbuscular mycorrhizal fungi. In: VARMA, A.; HOCK, B. (Ed.). **Mycorriza, structure, function, molecular biology and biotechnology**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. p. 391-407.

BALAKRISHNA, R.; BAGYARAG, D. J.; MALLESHA, B. C.; REDDY, B. Selection of efficient VA mycorrhizal fungi for papaya. **Biological Agricultural & Horticulture**, Oxford, v. 13, n. 1, p. 1-6, 1996.

BENNETT, J. E.; WOOMER, P. L.; YOST, R. S. **User manual for MPNES most-probable-number enumeration system ver. 1. 0.** NifTAL project and University of Hawaii, 1990.

BETHLENFALVAY, G. J. et al. The *Glycine-Glomus-Bradyrhizobium symbiosis*. IX. Nutritional, morphological and physiological responses of nodulated soybean to geographic isolates of the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 76, n. 2, p. 226-232, June 1989.

BOLAN, N. S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plant. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 134, n. 2, p. 189-207, July 1991.

BONFANTE, P.; BIANCIOTTO, V. Presymbiotic versus symbiotic phase in arbuscular endomycorrhizal fungi: morphology and cytology. In: VARMA, A.; HOCK, B. (Ed.). **Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. p. 229-247.

BREMNER, J. M.; EDWARDS, H. P. Determination and isotope ratio analyses of different forms of nitrogen in soils. I. Apparatus and procedures for distillation and determination for ammonium. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v. 29, n. 5, p. 504-507, Sept./Oct. 1965.

BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J. O.; VASCONCELLOS, C. A.; PURCINO, A. A. C. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 315-323, fev. 2001.

BRUNDRETT, M. C.; ASHWATH, N.; JASPER, D. A. Mycorrhizas in the Kakadu region of tropical Australia. II. Propagules of mycorrhizal fungi in disturbed habitats. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 184, n. 1, p. 173-184, 1996.

BRUNDRETT, M. C. ; MELVILLE, L.; PETERSON, L. **Practical methods in mycorrhiza research**. Guelph: Mycologue, 1994. 161 p.

CARDOSO, E. J. B. N.; LAMBAIS, M. R. Aplicações práticas de micorrizas vesículo-arbusculares (MVA). In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do Solo**. Campinas, SP, 1992. p. 283-296.

CARENHO, R.; TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. I. R. Effects of different host plants on the detected biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi from an agroecosystem. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 93-101, mar. 2002.

CIMA. Comissão Interministerial para Preparação da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **O desafio do desenvolvimento sustentável**: relatório do Brasil para a conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento. Brasília: Cima, 1991. 204 p.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E. Micorrizas Arbusculares. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília, DF, 1994. p. 383-412.

DANIELS, B. A.; McCOLL, P. M.; MENGE, J. A. Comparative inoculum potential and spores of six vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, Cambridge, v. 89, n. 3, p. 385-391, 1981.

DECLERCK, S.; PLENCHETTE, C.; STRULLU, D. G. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 176, n. 1, p. 187-187, Sept. 1995.

DODD, J. C.; KRIKUN, J.; MASS, J. Relative effectiveness of indigenous populations of vesicular mycorrhizal fungi from four sites in the Negev. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v. 32, p. 10-16, 1983.

ELHASSAN, G. A.; FOCHT, D. D. Comparison of inoculant and indigenous rhizobial dinitrogen fixation in cowpeas by direct nitrogen-15 analyses. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 50, n. 4, p. 923-927, Jul./Aug. 1986.

ERWIN, T. L. A copa da floresta tropical: o coração da diversidade biológica. In: WILSON, E. O. (Ed.). **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. p. 158-165.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R. da; SOUZA, F. A. de. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 339-347, mar. 1998.

EVANS, D. G.; MILLER, M. H. Vesicular-arbuscular mycorrhizal and the soil-disturbance-induced reduction of nutrient absorption in maize. I. Casual relations.

New Phytologist, Oxford, v. 110, n. 1, p. 67-74, Sept. 1988.

FAIRCHILD, G. L.; MILLER, M. H. Vesicular-arbuscular mycorrhizas and the soil-disturbance-induced reduction of nutrient absorption in maize. II. Development of the effect. **New Phytologist**, Oxford, v. 110, n. 1, p. 75-84, Sept. 1988.

FERREIRA, D. F. Análises estatística por meio do SISVAR (Sistema para análise de variância) para Windows 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, R. M. **Efeito da inoculação do fungo endomicorrízico *G. leptotichum* na absorção de P, fixação de N₂ e crescimento em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** 1987. 81 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, SP.

FISCHER, C. R.; JANOS, D. P.; PERRY, D. A.; LINDERMAN, R. G.; SOLLINS, P. Mycorrhiza inoculum potentials in tropical secondary succession. **Biotropica**, St. Louis, v. 26, n. 4, p. 369-377, Dec. 1994.

FLORES-AYLAS, W. W.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; DAVIDE, A. C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 257-266, fev. 2003.

FRANCIS, R. & READ, D. J. Mutualism and antagonism in the mycorrhizal symbiosis, with special reference to impacts on plant community structure. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 73, p. 1301-1309, 1995. (Supplement, 1).

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. Melhoramento genético do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região do Nordeste. In: WORKSHOP, 1998. [S. 1.]: EMBRAPA Semi-Árido, 1998.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Espores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet-sieving and decanting, **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, n. 3, p. 235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; HEPPER, C. M. Vesicular-mycorrhizal infection in *Hedysarum coronarium* and *Onobrychis viciaefolia*: host-endophyte specificity. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v. 17, n. 6, p. 899-900, 1985.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring

vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots, **New Phytologist**, Oxford, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

HABTE, M.; FOX, R. L.; AZIZ, T.; EL-SAWAIFY, S. A. Interaction of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi with erosion in an oxisol. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v. 54, n. 4, p. 945-950, Apr. 1988.

HARINIKUMAR, K. M.; BAGYARAJ, D. J. Effect of crop rotation on native vesicular arbuscular mycorrhizal propagules in soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 110, n. 1, p. 77-80, Aug. 1988.

HARLEY, J. L. The significance of mycorrhiza. **Mycological Research**, Cambridge, v. 92, n. 2, p. 129-139, Mar. 1989.

HOWELER, R. H.; SIEVERDING, E.; SAIF, S. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. **Plant and Soil**, Hague, v. 100, n. 1/3, p. 249-283, 1987.

ILAG, L. L.; ROSALES, A. M.; ELAZEGUI, F. A.; MEW, T. W. Changes in the population of infective endomycorrhizal fungi in a rice-based cropping system. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 103, n. 1, p. 67-73, 1987.

ISLAN, R.; AYANABA, A. Effects of seed inoculation and pre-infecting cowpea (*Vigna unguiculata*) with *Glomus mosseae* on growth and seed yield of the plants under field conditions. **Plant and Soil**, Hague, v. 61, n. 3, p. 341-350, 1981.

JANOS, D. P. Mycorrhizas, succession and rehabilitation of deforested lands in the humid tropics. In: FRANKLAND, J. C.; GADD, G. M. (Ed.). **Fungi and environmental change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. p. 1-18. (British Mycological Society Symposium, v. 20).

JASPER, D. A.; ABBOT, L. K.; ROBSON, A. D. Soil disturbance in native ecosystems – The decline and recovery of infectivity of VA mycorrhizal fungi. In: READ, D. J.; LEWIS, D. H.; FITTER, A. H.; ALEXANDER, I. J. (Ed.). **Mycorrhizas in ecosystems**. Cambridge: CAB International, 1994. p. 151-163.

JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, Oxford, v. 112, n. 1, p. 93-99, May 1989.

- KENNEDY, A. C.; PAPENDICK, R. I. Microbial characteristics of soil quality. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, n. 3, p. 243-248, May/June 1995.
- KSIHNEVSKY, J. M.; LOBEL, R.; GURFEL, D.; NEMAS, C. Soil fumigation with methyl-bromide as a means of increasing the occurrence of the inoculum strain in peanut nodules. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 24, n. 9, p. 845-848, Sept. 1992.
- KOIDE, R. T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **The New Phytologist**, Oxford, v. 117, n. 3, p. 365-386, Mar. 1991.
- LAMBERT, D. H.; COLE, H.; BAKER, D. E. Adaptation of vesicular-arbuscular mycorrhizae to edaphic factors. **New Phytologist**, Oxford, v. 85, n. 4, p. 513-520, 1980.
- LIAO, C. F. H. Devarda 's alloy method for total nitrogen determination. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 45, n. 5, p. 852-855, Set./Out. 1981.
- LIU, R. J.; LUO, X. S. A new method to quantify the inoculum potential of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist, Oxford**, v. 128, n. 1, p. 89-92, Sept. 1994.
- MANJUNATH, A.; MOHAN, R.; BAGYARAJ, D. J. Response of citrus to vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation in unsterile soils. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 61, n. 10, p. 2729-2732, 1983.
- MARSCHNER, H. Nutrient dynamics at the soil-root interface (Rhizosphere). In: READ, D. J.; LEWIS, D. H.; FITTER, A. H.; ALEXANDER, I. J. (Ed.). **Mycorrhizas in ecosystems**. Cambridge: CAB International, 1994. p. 3-12.
- MASON, P. A.; MUSOKO, M. O.; LAST, F. T. Short-term changes in vesicular-arbuscular mycorrhizal spore populations in Terminalia plantations in Cameroon. In: READ, D. J.; LEWIS, D. H.; FITTER, A. H.; ALEXANDER, I. J. (Ed.). **Mycorrhizas in ecosystems**. Cambridge: CAB International, 1994. p. 261-267.
- McGONIGLE, T. P.; MILLER, M. H. Winter survival of extraradical hyphae and spores of arbuscular mycorrhizal fungi in the field. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 41-50, Apr. 1999.
- MEHROTRA, V. S. Arbuscular mycorrhizal associations of plants colonizing

coal mine spoil in Índia. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, Inglaterra, v. 130, n. 2, p. 125-133, Mar. 1998.

MELLONI, R. **Densidade e diversidade de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em solos de mineração de bauxita**. 2001. 173p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MELLONI, R.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 267-276, fev. 2003.

MENGE, J. A. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 61, n. 3, p. 1015-1024, 1983.

MERRYWEATHER, J. W.; FITTER, A. The arbuscular mycorrhizal fungi of *hyacinthoides non-scripta*. II. Seasonal and spatial patterns of fungal populations. **New Phytologist**, Oxford, v. 138, n. 1, p. 131-142, Jan. 1998.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 625 p.

MOSSE, B. **Vesicular-arbuscular mycorrhizal research for Tropical Agriculture**. Hawaii: Hawaii Institute of Tropical Agricultural and Human Resources, University of Hawaii, 1981. 82 p. (Research Bulletin, 194).

OLIVEIRA, L. A.; BONETTI, R. Fatores químicos limitantes do solo e da nodulação, infecção por micorrizas VA e rendimento do feijão caupi num solo da região de Manaus. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES DA AMAZÔNIA, 4., 1983, Porto Velho- Rondônia. **Anais...** Rondônia, 1983. 16 p.

OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W.; MOREIRA, F. M. S. Ocorrência de microrganismos benéficos em ecossistemas amazônicos. In: INPA. **Vinte anos de contribuição do INPA à pesquisa agrônômica no Trópico úmido**. [S. l.], 1996. p. 179-192.

OWUSU-BENNOAH, E.; WILD, A. Auto radiography of the depletion zone of phosphate around onion roots in the presence of vesicular arbuscular mycorrhiza. **New Phytologist**, Oxford, v. 82, n. 1, p. 133-140, 1979.

PANKHURT, C. E.; HAWKE, B. G.; McDONALD, H. J.; KIRKBY, C. A.; BUCKERFIELD, J. C.; MICHELSEN, P.; O' BRIEN, K. A.; GUPTA, V. V. S. R.;

- DOUBE, B. M. Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health. **Australia Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 35, n. 7, p. 1015-1028, 1995.
- PAULA, M. A.; SIQUEIRA, J. O.; HOSHIKA, E. Crescimento, nutrição e produção de soja inoculada com populações de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 143-150, maio/ago. 1990.
- PAULA, M. A.; SIQUEIRA, J. O.; OLIVEIRA, L. H.; OLIVEIRA, E. Efetividade simbiótica relativa em soja de populações de fungos endomicorrízicos nativos e de isolados de *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 25-31, jan./abr. 1988.
- PHILLIPS, J. M.; HAYMANN, D. S. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, v. 55, p. 158-161, 1970.
- PICONE, C. Diversity and abundance of arbuscular-mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture. **Biotropica**, St. Louis, v. 32, n. 4, p. 734-750, Dec. 2000.
- PORTER, W. M. Thye “Most Probable Number” method for enumerating infective propagules of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in soil. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 17, n. 3, p. 515-519, 1979.
- POUYÚ-ROJAS, E. **Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com mudas de espécies arbóreas tropicais**. 2002. 90 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- PRASAD, P.; BASU, S.; BEHERA, N. A comparative account of the microbiological characteristics of soils under natural forest, grassland and crop field from Eastern India. **Plant and Soil**, The Hague, v. 175, n. 1, p. 85-91, Aug. 1994.
- RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: POTAFOS, 1981. 142 p.
- RAPOSO, R. W. C. **Inoculação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e *Bradyrhizobium* spp. em caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]**. 1989. 84 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São

Paulo, SP.

ROHYADI, A.; SMITH, F. A.; MURRAY, R. S.; SMITH, S. E. Effects pH on mycorrhizal colonisation and nutrient uptake in cowpea under conditions that minimise confounding effects of elevated available aluminium. **Pant and Soil**, Dordrecht, v. 260, n. 1/2, p. 283-290, Mar. 2004.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; GUIMARÃES, P. T. G.; OLIVEIRA, E. Colonização do cafeeiro por diferentes fungos micorrízicos: efeitos na formação de mudas e crescimento em solo fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 213-220, maio/ago. 1995.

SANTOS, J. G. D. **Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares, de áreas de mineração de bauxita, no crescimento de arbóreas nativas** 2003. 61 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras, MG.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Friedland Bremer, 1991. 371 p.

SILVA, G. A.; MAIA, L. C.; SILVA, F. S. B.; LIMA, P. C. F. Potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares oriundos de área de caatinga nativa e degradada por mineração, no Estado da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 135-143, jun. 2001.

SILVEIRA, A. P. D. Avaliação de fungos micorrízicos arbusculares e sua importância ambiental. In: FREGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J. (Ed.). **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 61-75. (Manual Técnico).

SIQUEIRA, J. O. **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1996. 290 p.

SIQUEIRA, J. O. Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-arbusculares: alguns aspectos da relação fungo-planta e absorção de fósforo. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 4., 1991, Mendes. **Programa e Resumos...** Itaguaí: EMBRAPA-CNPMBS/UFRRJ, 1991. p. 105-131.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994. p. 151-194. (EMBRAPA-CNPAF, Documentos, 44).

SIQUEIRA, J. O.; OLIVEIRA, E. Crescimento, absorção de nutrientes e colonização micorrízica em dois cultivares de feijoeira (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e ausência de calagem. **Ciência e Prática**, Lavras, MG, v. 10, n. 2, p. 220-225, maio/ago. 1986.

SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of Brazilian native wood species. **Mycorrhiza**, New York, v. 11, n. 5, p. 245-255, Oct. 2001.

SMITH, S. E.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Physiological interactions between symbionts in vesicular arbuscular mycorrhizal plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 39, p. 211-244, 1988.

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

SMITH, S. E.; ROBSON, A. D.; ABBOTT, L. K. The involvement of mycorrhizas in assessment of genetically dependent efficiency of nutrient uptake and use. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 146, n. 1/2, p. 169-179, Oct. 1992.

SMITH, S. E.; WALKER, N. A. A quantitative study of mycorrhizal infection in *Trifolium*: separate determination of the rates of infection and of mycelial growth. **New Phytologist**, Oxford, v. 89, n. 3, p. 225-240, 1981.

SOUZA, F. A. de; GUERRA, J. G. M. **Emprego da técnica do número mais provável (NMP) no estudo de populações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)**. Seropédica: EMBRAPA/CNPAB, 1998. 34 p. (EMBRAPA-CNPAB. Circular Técnica, 2).

SOUZA, F. A. de; SILVA, E. M. R. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: UFLA-DCS/DCF, 1996. p. 255-290.

SOUZA, F. A. de; TRUFEM, S. F. B.; ALMEIDA, D. L. de; SILVA, E. M. R. da; GUERRA, J. G. M. Efeito de pré-cultivos sobre o potencial de inoculo de fungos micorrízicos arbusculares e produção da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1913-1923, out. 1999.

STÜRMER, S. L. Efeito de diferentes isolados fúngicos da mesma comunidade micorrízica no crescimento e absorção de fósforo em soja e trevo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 611-622, jul./ago. 2004.

- SWIFT, M. J.; ANDERSON, J. M. Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems. In: SCHULZE, E. D.; MOONEY, H. A. (Ed.). **Biodiversity and ecosystem function**. Berlin: Springer-Verlag, 1994. p. 15-41.
- SYLVIA, D. M. 1992. Quantification of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In: NORRIS, J. R.; READ, D. J.; VARMA, A. K. (Ed.). **Methods in Microbiology: Techniques for the Study of Mycorrhiza**. New York: Academic Press, 1992. p. 53-66.
- TATE III, R. L.; KLEIN, D. A. (Ed.). **Soil reclamation processes: microbiological analyses and applications**. New York: M. Decker, 1985. 349 p.
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e Processos Microbiológicos como Indicadores da Qualidade dos Solos. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 195-276.
- VICENTE, J. M. A. **Manual for the Practical Study of root-nodule bacteria**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1970.
- WILSON, J.; INGLEBY, K.; MASON, P.; IBRAHIM, K. & LAWSON, G. L. Long-term changes in vesicular-arbuscular mycorrhizal spore populations in Terminalia plantations in Côte d' Ivoire. In: READ, D. J. ; LEWIS, D. H. ; FITTER, A. H. ALEXANDER, I. J. (Ed.). **Mycorrhizas in ecosystems**. Cambridge: CAB International, 1994. p. 268-275.
- WILSON, J. M.; TRINICK, M. J. Factors affecting the estimation of numbers of infective propagules of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi by the Most Probable Number method. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 21, n. 1, p. 73-81, 1983.
- WILSON, J. M.; TRINICK, M. J. Infection development and interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, Oxford, v. 93, n. 4, p. 543-553, 1983.
- ZAROSKY, R. J.; BURAU, R. G. A rapid nitric perchloric acid digestion method for multi element tissue analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 8, n. 5, p. 425-436, 1977.

ANEXO

TABELA 1A	Quadrados médios referentes à porcentagem de colonização, responsividade, eficiência relativa ao não inoculado e eficiência relativa ao <i>Glomus etunicatum</i> (ER-Ge).....	61
TABELA 2A	Quadrados médios referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA) e raízes (MSR).....	61
TABELA 3A	Quadrados médios referentes aos teores e acúmulos (Ac) de N e P nas plantas de caupi	61
TABELA 4A	Quadrado médios referentes à porcentagem de colonização, responsividade, eficiência relativa ao não inoculado (Eficiência) e eficiência relativa ao <i>Glomus etunicatum</i> (ER-Ge) por SUT.	62
TABELA 5A	Quadrados médios referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA) e raízes (MSR) por SUT.....	62
TABELA 6A	Quadrados médios referentes aos teores e acúmulos (Ac) de N e P nas plantas de caupi por SUT.	62

TABELA 1A Quadrado médios referentes à porcentagem de colonização, responsividade, eficiência relativa ao não inoculado e eficiência relativa ao *Glomus etunicatum* (ER-Ge).

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		Colon	Respons	Eficiência	ER-Ge
Origem das comunidades fúngicas	52	0,3256***	9105,3744***	9105,3717***	4568,1397***
Erro	265	0,0214	2694,8351	2694,8359	3676,9050
CV %	-	27,43	30,96	76,70	51,00

*** Significativo a 0,1% pelo teste de F.

TABELA 2A Quadrados médios referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA) e raízes (MSR).

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		MSPA	MSR
Origem das comunidades fúngicas	53	1,9679***	0,7634***
Erro	270	0,3179	0,1951
CV %	-	23,26	20,50

*** Significativo a 0,1% pelo teste de F.

TABELA 3A Quadrados médios referentes aos teores e acúmulos (Ac) de N e P nas plantas de caupi.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		N	P	Ac (N)	Ac (P)
Origem das comunidades fúngicas	53	404,5868***	0,3784***	2605,8524***	2,2723***
Erro	270	32,5105	0,0590	360,5147	0,6106
CV %	-	25,03	25,93	34,84	35,40

*** Significativo a 0,1% pelo teste de F.

TABELA 4A Quadrado médios referentes à porcentagem de colonização, responsividade, eficiência relativa ao não inoculado (Eficiência) e eficiência relativa ao *Glomus etunicatum* (ER-Ge) por SUT.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		Colon	Respons	Eficiência	ER-Ge
Origem das comunidades fúngicas	6	1,0336***	19413,7618***	19413,7628***	8562,3116*
Erro	311	0,0528	3413,5692	3413,5694	3731,6695
CV %	-	43,04	35,12	87,02	51,38

*, ***, Significativo a 0,1% e 5% respectivamente, pelo teste de F.

TABELA 5A Quadrados médios referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA) e raízes (MSR) por SUT.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		MSPA	MSR
Origem das comunidades fúngicas	7	4,0345***	1,0761***
Erro	316	0,5088	0,25367
CV %	-	29,46	23,42

*** Significativo a 0,1% pelo teste de F.

TABELA 6A Quadrados médios referentes aos teores e acúmulos (Ac) de N e P nas plantas de caupi por SUT.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		N	P	Ac (N)	Ac (P)
Origem das comunidades fúngicas	7	10008,8944***	0,7552***	5177,0857***	3,1825***
Erro	316	73,2869	0,0968	630,4057	0,8329
CV %	-	37,58	33,22	46,07	41,35

*** Significativo a 0,1% pelo teste de F.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)