

# SAZONALIDADE, COLONIZAÇÃO RADICULAR E ESPORULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM PLANTAS DE CUPUAÇUZEIRO E DE PUPUNHEIRA NA AMAZÔNIA CENTRAL<sup>1</sup>

Arlem Nascimento de OLIVEIRA<sup>2</sup>

Luiz Antonio de OLIVEIRA<sup>3</sup>

**RESUMO:** As micorrizas arbusculares compreendem um sistema simbiótico de grande importância na absorção de nutrientes pelas plantas tropicais. Visando estudar a sazonalidade na colonização e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares associados às plantas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) e pupunheira (*Bactris gasipaes*), foram efetuadas avaliações quantitativas dos níveis de colonização radicular e número de esporos desses fungos em sete épocas de coleta, entre agosto de 1996 e maio de 1997. As colonizações micorrízicas variaram significativamente entre as espécies e épocas de avaliação. A pupunheira apresentou média de colonização radicular de 24% e o cupuaçuzeiro 19%. Quanto às épocas, a coleta de setembro, com 20,1% de colonização, foi estatisticamente inferior à encontrada em fevereiro, com 24,1%, com os demais meses apresentando colonizações intermediárias. Houve diferenças significativas no número de esporos fúngicos, com a maior esporulação sendo observada na rizosfera da pupunheira, com média de 159 por 30 g de solo; as maiores quantidades de esporos foram registradas nos meses de fevereiro e abril, com 282 e 166 esporos, respectivamente.

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** Micorrizas Arbusculares, Latossolo Amarelo, Frutíferas da Amazônia, *Theobroma grandiflorum*, *Bactris gasipaes*.

## SEASONALITY OF ROOT COLONIZATION AND MYCORRHIZAL ESPORULATION IN PLANTS OF CUPUASSU AND PEACH PALM AT CENTRAL AMAZONIA

**ABSTRACT:** Arbuscular mycorrhizae is a symbiotic system of great importance in the nutrients absorption of tropical plants. Quantitative evaluations of root colonization and number of spores between august 1996 and may 1997 were made to determine the seasonal colonization and mycorrhizal sporulation associated with plants of cupuassu and peach palm. The results showed that there was a significative variation in mycorrhizal colonizations between species and time. The average root colonization of peach palm was 24% and of cupuassu 19%. Highest root colonization was observed in the month of February, 24.1%, and lowest in the month of September, 20.1%. Other months had intermediate root colonization. There were statistical differences in the fungi spores number between

<sup>1</sup> Aprovado para publicação em 29.8.2003

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo M.Sc., Bolsista DTI, Coordenação de Pesquisas em Botânica – CPBO. Av. André Araújo, 2936 – Petrópolis. CEP 69083 000 – Manaus, AM. E-mail: arlem@inpa.gov.br.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da Coordenação de Pesquisas em Ciências Agronômicas – CPCA/INPA e Professor de cursos de Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). E-mail: luizoli@inpa.gov.br.

species and months with the highest sporulation observed in the rhizosphere of the peach palm plants, an average of 159 spores for 30g of soil, and the largest number of spores in the months of February and April, 282 and 166 spores, respectively.

**INDEX TERMS:** Arbuscular mycorrhizae, *Theobroma grandiflorum*, *Bactris gasipaes*, Tropical Soil, Amazon Basin.

## 1 INTRODUÇÃO

As plantas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) constituem duas das mais promissoras espécies frutíferas de interesse econômico para a Amazônia. Seus frutos representam fontes importantes de vitaminas A e C para a dieta regional (CLEMENT; MORA URPI, 1987; YUYAMA et al., 1999).

No entanto, apesar de extensivamente cultivadas, essas plantas carecem de insumos agrícolas para serem mais produtivas. Nesse caso, torna-se necessário adubá-las para se obter altas produtividades.

Considerando-se as condições de alta acidez, toxidez de alumínio e baixa fertilidade dos solos (NICHOLAIDES et al., 1983; OLIVEIRA; SMITH; BONETTI, 1992), aliada à descapitalização dos produtores regionais, a ênfase deve ser dada à tecnologia de baixos insumos auto-sustentáveis e ecologicamente compatíveis (NICHOLAIDES et al., 1983). Uma das alternativas visando o desenvolvimento de tecnologias adequadas à utilização sustentável dos recursos vegetais tem sido a quantificação dos benefícios nutricionais que os fungos micorrízicos arbusculares podem propiciar às plantas.

Desde sua descoberta que os fungos micorrízicos têm demonstrado efeitos benéficos no estabelecimento e desenvolvimento das plantas em solos de baixa fertilidade (SCHENCK, 1984). Este fato deve-se, na maioria dos casos, ao aumento do volume de solo explorado pelo sistema radicular da planta através das hifas fúngicas que crescem além da rizosfera, interceptando nutrientes fora da zona de esgotamento (MOSSE, 1981; HARDIE, 1986; SIQUEIRA, 1996).

Revedo a literatura, observou-se que são muitos os trabalhos (ST. JOHN, 1980; St. JOHN; UHL, 1983; BONETTI; NAVARRO, 1990; FIGUEIREDO, 1994; GUITTON, 1996) que mencionam as ocorrências naturais dos fungos micorrízicos arbusculares em várias espécies nativas da Amazônia. No entanto, estudos envolvendo a influência da sazonalidade na ocorrência desses fungos em plantas de cupuaçu e de pupunha ainda estão fragmentados e são insuficientes (OLIVEIRA et al., 1998, 1999; OLIVEIRA, 2001), devendo-se intensificá-los para que estas espécies possam ser beneficiadas de forma plena pela associação micorrízica. Assim, o trabalho objetivou avaliar a sazonalidade nas ocorrências naturais dos fungos micorrízicos em plantas de cupuaçu

e de pupunha, como forma de dar mais subsídios para suas utilizações em sistemas agroflorestais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em condições de campo, na Fazenda Experimental da Fundação Universidade do Amazonas, situada a, aproximadamente, 38 km de Manaus (BR-174, Estrada Manaus-Presidente Figueiredo), em Latossolo Amarelo de textura argilosa. O clima é definido como Afi, no esquema de Köppen, com médias anuais de 2 478 mm de chuva e temperatura de 25,6°C (RIBEIRO, 1976). Os dados de precipitação (Figura 1) referentes ao período de estudo (agosto de 1996 a maio de 1997) foram obtidos na Estação Meteorológica do Ministério da Agricultura, em Manaus.

Foram selecionadas, ao acaso, cinco plantas de cupuaçu e de pupunha, das quais coletou-se, em cada amostragem, uma quantidade suficiente de raízes e solos para as avaliações respectivas dos níveis de colonização micorrízica, fertilidade do solo e número de esporos em cada época de coleta.

As raízes foram transportadas ao Laboratório de Microbiologia do Solo (CPCA/INPA), onde foram lavadas de forma rápida e cuidadosa em água corrente, a fim de evitar perda de material para, em seguida, serem clarificadas em KOH (10%) e coradas em lactoglicerol (KORMANICK; BRYAN; SCHULTZ, 1980; SCHENCK, 1982). Adotou-se o método da lâmina (GIOVANETTI; MOSSE, 1980) para quantificar os níveis de colonização radicular, dispondo-se de 50 segmentos de raízes por planta.

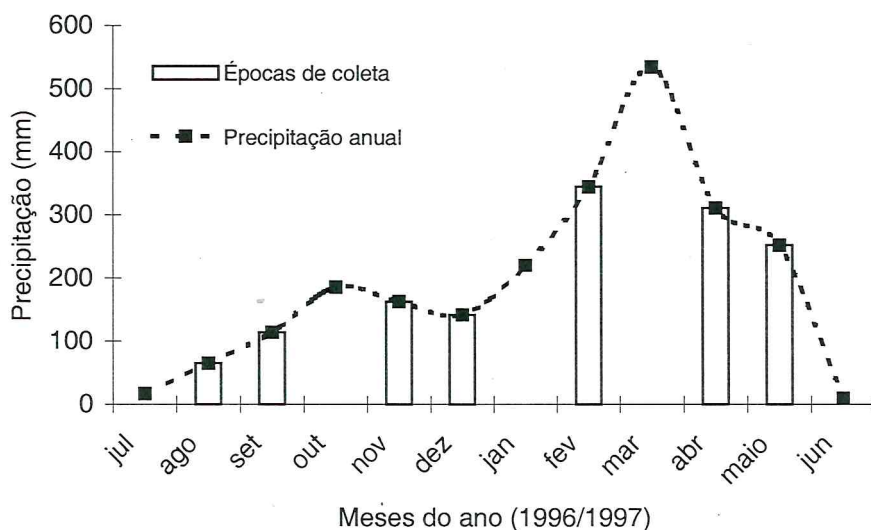


Figura 1 – Épocas de coleta dos dados e curva de precipitação na região de Manaus (AM).

As amostras de solo foram retiradas da rizosfera de cada espécie, à profundidade de 0-10 cm, formando três amostras compostas para determinações químicas (EMBRAPA, SNLCS, 1997) no Laboratório Temático de Plantas e Solos (CPCA/INPA). Procederam-se as avaliações de pH (H<sub>2</sub>O), Al, Ca, Mg (KCl 1 N), P (Mehlich 1, colorimetria), K, Zn, Mn e Fe (Mehlich 1, absorção atômica), cujas análises químicas encontram-se na Tabela 1.

As avaliações quantitativas de fungos micorrízicos nativos nas amostras de 30 g de solo foram efetuadas mediante a recuperação dos esporos fúngicos, pela técnica de peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963), utilizando-se peneiras de 0,205, 0,105 e 0,04 mm. Após a extração, os esporos foram quantificados com auxílio de lupa, com aumentos de 1,5 a 4 vezes.

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 7, sendo os fatores representados por duas espécies de plantas (cupuaçuzeiro e pupunheira, ambas com, aproximadamente, 15 anos) e sete épocas de avaliação (agosto, setembro, novembro, dezembro de 1996; fevereiro, abril e maio de 1997), com cinco repetições, perfazendo 14 tratamentos e 70 unidades experimentais.

Os resultados foram analisados estatisticamente pelos procedimentos do ESTAT 1.0. As análises das variâncias foram executadas, sendo as interações desdobradas e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade (FERREIRA, 1991). Os dados de colonização radicular foram transformados em  $y = \arcsin(x/100)^{0.5}$  e os de esporos em  $y = (x + 0,5)^{0.5}$

Tabela 1 – Características químicas do solo das rizosferas das plantas de cupuaçuzeiro e de pupunheira cultivadas em Latossolo da Amazônia Central. Manaus (AM), 1996 a 1997.

Características rizosféricas	pH (H <sub>2</sub> O)	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>				
		Al	H + Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Fe	
Cupuaçuzeiro	3,5	2,0	2,8	1,0	0,3	0,1	17,2	4,5	1,7	214,0	
Pupunheira	3,7	2,0	2,8	1,1	0,5	0,1	12,6	3,4	2,0	129,0	

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis médios de colonização micorrízica variaram significativamente entre os fatores espécies e épocas de avaliação (Tabela 2). A pupunheira foi a espécie mais densamente colonizada, diferindo estatisticamente do cupuaçuzeiro. Comparativamente, os níveis de colonização das plantas de cupuaçu e pupunha ficaram abaixo dos índices registrados por Oliveira et al. (1999), porém, acima dos observados por Oliveira et al. (1998), Oliveira e Oliveira (2000) e Oliveira (2001), que verificaram valores médios de 11,2; 15,2 e 14,7%, respectivamente, em plantas de cupuaçu. A média geral de colonização ficou em 22% das raízes avaliadas.

Quanto às médias das épocas de coleta, a colonização radicular do mês de fevereiro foi estatisticamente superior à de setembro, com os demais meses de avaliação sendo intermediários. Estes resultados corroboram com os observados por Guitton (1996), Oliveira et al. (1998, 1999), que registraram, respectivamente, maiores índices de colonização micorrízica durante a estação seca (agosto e novembro) em oito espécies florestais, e chuvosa (fevereiro e maio) em frutíferas da Amazônia. Recentemente, Oliveira (2001) confirmou parcialmente este comportamento sazonal dos fungos micorrízicos em plantas de cupuaçu e guaraná de um Sistema Agroflorestal em Manaus (AM), verificando maiores níveis de colonização das raízes no mês de fevereiro.

Tabela 2 – Colonização por fungos micorrízicos arbusculares em plantas de cupuaçuzeiro e de pupunheira cultivadas em Latossolo Amarelo da Amazônia Central, Manaus, (AM).

Espécies	Meses de coleta							Médias/ espécie
	ago/96	set/96	nov/96	dez/96	fev/97	abr/97	maio/97	
	%							
Cupuaçuzeiro	19ab B	16b B	21a A	20ab A	22a A	20ab A	18ab B	19b
Pupunheira	24a A	25a A	24a A	21a A	26a A	25a A	25a A	24a
Médias/coleta	21,6AB	20,1B	22,5AB	20,3AB	24,1A	22,5AB	21,6AB	22

Nota: As médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal e maiúscula na vertical não diferem entre si a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Baseado em seus estudos e de outros (REID; BOWEN<sup>4</sup>, 1979 citados por PAULA; SIQUEIRA, 1987; OLIVEIRA et al., 1998, 1999), Oliveira (2001), sugere que a associação micorrízica pode estar diretamente relacionada com a quantidade de água do solo. De acordo com o autor, com a formação de novas raízes primárias diante do aumento do teor de umidade do solo, ocorrerá de forma simultânea maior absorção de nutrientes e liberação de exsudatos na rizosfera, estimulando, com isso, a germinação dos esporos (SILVEIRA, 1992) e a colonização radicular das plantas. Oliveira et al. (1998) mencionam que quanto mais jovem for o tecido radicular das plantas, mais susceptível será à colonização pelos fungos micorrízicos arbusculares.

Constatou-se ainda, uma interação significativa entre as espécies e épocas de avaliação (Tabela 2). A colonização radicular da pupunheira variou de 21 a 26%, porém, não proporcionando variação significativa entre os meses de avaliação. Com relação ao cupuaçu, observou-se maior colonização radicular por fungos micorrízicos no período de novembro/96 a abril/97, época de maior precipitação pluvial na região (RIBEIRO, 1976; FIGUEROA; NOBRE, 1990), confirmando evidências recentes (OLIVEIRA et al., 1998, 1999; OLIVEIRA, 2001) de que o estabelecimento e o funcionamento da simbiose podem ser favorecidos pelo maior conteúdo de água do solo nas condições climática da Amazônia.

Dentro de uma mesma época de coleta, houve diferenças significativas entre as duas

espécies nos meses de agosto, setembro e maio, enquanto nas demais, as colonizações fúngicas foram estatisticamente iguais (Tabela 2).

A amplitude de variação no número de esporos foi de 79 a 324, proporcionando diferença significativa entre espécies e épocas de avaliação (Tabela 3). No solo rizosférico da pupunheira foi observada a maior quantidade de esporos, com 159 por 30 g de solo. Nas coletas de fevereiro e abril, meses de maior precipitação registrada, verificaram-se as maiores quantidades de esporos nas rizosferas das culturas. Estes resultados confirmam outros estudos (MIRANDA, 1981; GUITTON, 1996; MIRANDA; MIRANDA, 1997; OLIVEIRA et al., 1998; MARTINS et al., 1999; OLIVEIRA, 2001), conforme os quais ocorrem acréscimos gradativos no número de esporos micorrízicos a partir do início do período chuvoso, seguido de decréscimo no período seco.

Os fungos micorrízicos têm adaptabilidade para colonizarem áreas que apresentem condições físicas, químicas e biológicas adversas, e dependem da umidade para a sua multiplicação (MASCHIO et al., 1992). Daniels e Trappe (1980) afirmam que a esporulação e o processo germinativo estão vinculados às condições de maior umidade do solo, o que fica, de fato, evidenciado na Figura 2, que mostra aumentos no número de esporos nas rizosferas das plantas durante as épocas de maior precipitação do ano.

REID, C.P.; BOWEN, G.D. Effects of soil moisture on VA mycorrhiza formation and root development in *Medicago*. In: HARLEY, J.L.; SCOTI, T. (Ed.). *The soil-root interface*. London: Academic Press, 1979. p. 211-219.

Tabela 3 – Esporos de fungos micorrízicos arbusculares nas rizosferas das plantas de cupuaçuzeiro e de pupunheira cultivadas em um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. Manaus (AM), 1996 a 1997.

Espécies	Meses de coleta							Médias/ espécie
	ago/96	set/96	nov/96	dez/96	fev/97	abr/97	maio/97	
	30 g solo <sup>-1</sup>							
Cupuaçu	92	102	79	130	239	164	140	135b
Pupunha	89	127	107	165	324	166	133	159a
Médias/coleta	90C	115BC	93C	147BC	282A	166B	137BC	147

Nota: As médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

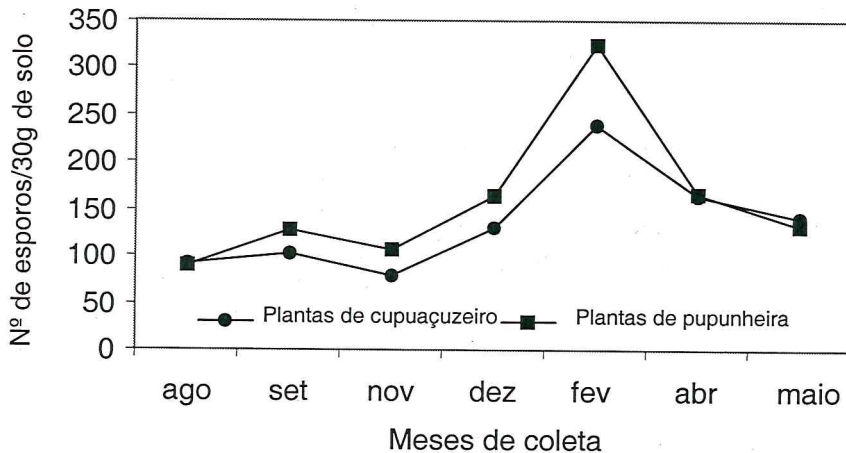


Figura 2 - Comportamento sazonal dos esporos micorrízicos associados às rizosferas das plantas de cupuaçuzeiro e pupunheira nas condições experimentais avaliadas.

Allen e Allen (1980) explicam que a variação sazonal decorre, principalmente, das flutuações de precipitação pluvial. A alternância entre ciclos de umedecimento dos solos são condições que estimulam a esporulação dos fungos micorrízicos (SIQUEIRA, 1993), e que os níveis de umidade do solo

variam para diferentes fases do processo germinativo dos esporos (TOMMERUP, 1984). Essas observações contribuem na explicação do comportamento marcadamente sazonal dos esporos micorrízicos nas rizosferas dessas plantas nas condições experimentais avaliadas.

## 4 CONCLUSÃO

a) As plantas de cupuaçu e pupunha diferem significativamente quanto à intensidade de colonização radicular e esporulação rizosférica dos fungos micorrízicos arbusculares.

b) As condições nos meses de avaliação não influenciam estatisticamente as colonizações radiculares das pupunheiras por fungos micorrízicos arbusculares nativos.

c) As colonizações radiculares dos cupuaçuzeiros por fungos micorrízicos foram proporcionais aos aumentos nos níveis de precipitação pluviométrica.

d) A esporulação micorrízica apresentou variação sazonal bem acentuada, com as maiores quantidades de esporos sendo observadas nos meses mais chuvosos do ano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, E.B.; ALLEN, M.F. Natural re-establishment of vesicular-arbuscular mycorrhiza following strip mine reclamation in Wyoming. *Journal of Applied Ecology*, v. 17, p. 139-147, 1980.
- BONETTI, R.; NAVARRO, R.B.. Ocorrência de micorriza vesículo-arbuscular (MVA) em espécies frutíferas nativas da região amazônica. *Energ. Nucl. Agric.*, v. 11, p. 26-33, 1990.
- CLEMENT, C.R.; MORA URPI, J.. Phenotypic variation of peach palm observed in the Amazon basin. In: CLEMENT, C.R.; CORADIN, L. (Ed.). *Final report (revised): peach palm (Bactris gasipaes H.B.K.) germplasm bank. US - AID project report*. Manaus: INPS/Cenargen, 1987. p. 20-54.
- DANIELS, B.A.; TRAPPE, J.W.. Factors affecting spore germination of the VAM fungus, *Glomus epigaeus*. *Mycologia*, v. 72, p. 456-471, 1980.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Manual de métodos de análise de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FERREIRA, P.V. *Estatística experimental aplicada à agronomia*. Maceió: Ed. da Univ. Federal de Alagoas, 1991. 437p.
- FIGUEIREDO, E.M. *Características químicas de solos e ocorrências de micorrizas vesículo-arbusculares em várzeas de três ilhas do Estado do Amazonas*. 1994. 132p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – INPA/FUA. Manaus, 1994.
- FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C.A. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America. *Climálice: Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, v. 5, p. 36-45, 1990.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decating. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, v. 46, p. 235-244, 1963.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, v. 84, p. 489-500, 1980.
- GUITTON, T.L. *Micorrizas vesículo-arbusculares em oito espécies florestais da Amazônia: efeitos de fatores sazonais e edáficos em plantios experimentais de terra firme na região de Manaus – AM*. 1996. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais). – INPA/FUA, Manaus, 1996.
- HARDIE, K. The role of extraradical hyphae in water uptake by vesicular-arbuscular mycorrhizae plants. In: GIANINAZZI-PEARSON, V.; GIANINAZZI, S. (Ed.). *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae*. Paris: INRA, 1986. p. 651-655.



- KORMANICK, P.P.; BRYAN, W.C.; SCHULTZ, R.C. Procedures and equipment for staining large numbers of plant root samples for endomycorrhizal assay. *Can. J. Microbiol.*, v. 26, p. 536-538, 1980.
- MARTINS, C.R.; MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de *Aristida setifolia* Kunth em áreas degradadas do Cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, v. 34, n. 4, p. 665-674, 1999.
- MASCHIO, L.; GAIAD, S.; MONTOYA, L.; CURCIO, G.R.; RACHWALL, M.F.G.; CAMARGO, C.M.S.; BATTI, A.M.P. Microrganismos e auto-sustentação de ecossistemas em solos alterados. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1994, Curitiba. *Anais...* Curitiba: UFPR/Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1993. p. 440-445.
- MIRANDA, J.C.C. Ocorrência de fungos endomicorrízicos nativos em um solo de Cerrado do Distrito Federal e sua influência na absorção de fósforo por *Brachiaria decumbens* Stapf. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 5, n. 2, p. 102-105, 1981.
- ; MIRANDA, L.N. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Ed.). *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 69-123.
- MOSSE, B. *Vesicular-arbuscular mycorrhizae research for tropical agriculture*. Hawaii: Institute of Tropical Agriculture and Human Resources: Univ. Hawaii, 1981. 82p.
- NICHOLAIDES, J.J.; SANCHEZ, P.A.; BANDY, D.E.; VILLACHICA, J.H.; COUTO, A.J.; VALVERDE, C.J. Crop production systems in the amazon basin. In: MORAN, E. (Ed.). *The dilemma of amazonian development*. Colorado: Westview Press, 1983, p. 101-153.
- OLIVEIRA, A.N. *Fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes em plantas de cupuaçu e guaraná de um sistema agroflorestal na região de Manaus, AM*. 2001. 150p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - UFAM, Manaus, 2001.
- OLIVEIRA, A.N.; OLIVEIRA, L.A. Colonizações micorrízicas em sistema agroflorestal com cupuaçu e guaraná em um Latossolo ácido e de baixa fertilidade da Amazônia Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGRO-FLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. *Resumos...* Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 94-96.
- ; MOREIRA, F.W. Micorrizas arbusculares em cupuaçu e guaraná de um sistema agroflorestal de terra firme no Município de Manaus, AM. In: FERTBIO, 7., 1999, Caxambú. *Resumos...* Caxambú: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1998. p. 617.
- ; RAMOS, M.B.P. Fungos endomicorrízicos em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) e pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K) em um solo de terra firme da Amazônia. In: MOSTRA TÉCNICO-CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DO AMAZONAS, 1., 1999, Manaus. *Anais...* Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 1999. p. 12.
- OLIVEIRA, L.A.; SMITH, T.J.; BONETTI, R. Efeito de adubações anteriores na nodulação e rendimento da soja e do feijão caupi num latossolo amarelo da Amazônia. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 16, p. 195-201, 1992.
- PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Efeitos da umidade do solo sobre a simbiose endomicorrízica em soja: I. Colonização radicular, esporulação, nodulação e acúmulo de nitrogênio. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v. 11, p. 278-283, 1987.
- RIBEIRO, M.N.G. Aspectos climáticos de Manaus. *Acta Amazonica*, v. 6, p. 229-233, 1976.
- SCHENCK, N.C. *Methods and principles of mycorrhizal research*. St. Paul: American Phytopathology Society, 1982. 224p.
- SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Ed.) *Microbiologia do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 257-282.

SIQUEIRA, J.O. *Biologia do solo*. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 230p.

SIQUEIRA, J.O. Microbiologia do solo e a sustentabilidade agrícola: enfoque em fertilidade do solo e nutrição mineral. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996. Manaus. *Palestras...* Manaus: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p. 1-42.

ST. JOHN, T.V. Uma lista de espécies de plantas tropicais brasileiras naturalmente infectadas com micorriza vesicular-arbuscular. *Acta Amazonica*, v. 10, p. 229-234, 1980.

ST. JOHN, T.V.; UHL, C. Mycorrhizae in the rain forest at San Carlos de Rio Negro, Venezuela. *Acta Cienc. Venezuelana*, v. 34, p.233-237, 1983.

TOMMERUP, I.C. Effect of soil water potential on spore germination by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, v. 83, p.193-202, 1984.

YUYAMA, L.K.O.; YONEKURA, L.; AGUIAR, J.P.L.; SOUSA, R.F.S. Biodisponibilidade de vitamina A da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) em ratos. *Acta Amazonica*, v.29, n.3, p. 497-500, 1999.