

## FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ESTÉRIL REVEGETADO COM *Acacia mangium*, APÓS MINERAÇÃO DE BAUXITA<sup>1</sup>

Ana Lucy Caproni<sup>2</sup>, Avílio Antônio Franco<sup>3</sup>, Ricardo Luis Louro Berbara<sup>4</sup>, José Rodolfo Dantas de Oliveira Granha<sup>5</sup> e Ney Freitas Marinho<sup>4</sup>

**RESUMO** – O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição das comunidades de FMAs em áreas revegetadas com *Acacia mangium* após a mineração de bauxita na região de Porto Trombetas, PA. Foram coletadas amostras de solo compostas nos períodos seco e chuvoso, em áreas revegetadas com *Acacia mangium*, que receberam inóculos de *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, com 1 e 5 anos de idade. Os solos foram revegetados sem a reposição do horizonte superficial orgânico. Os esporos dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) foram extraídos e identificados através de suas características morfológicas. Analisou-se a densidade de esporos e de espécies em cada amostra, a densidade relativa e a frequência de ocorrência de cada espécie por período de amostragem, além do índice de abundância e frequência (IAF). Sob o plantio de mudas de *A. mangium*, a densidade de esporos de FMAs foi elevada e aumentou com a idade, enquanto o número de espécies não variou. *Glomus clarum* produz alta densidade de esporos na fase inicial do plantio e declina com o tempo, e *Gigaspora margarita* não esporula nas condições edafoclimáticas locais. A maioria das espécies de FMA não apresenta o mesmo padrão de esporulação nos períodos seco e chuvoso.

Palavras-chave: Taxonomia, micorrizas, sazonalidade e áreas degradadas.

## COLONIZATION OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAE FUNGI IN SUBSTRATE, AFTER BAUXITE MINING, VEGETATED WITH *Acacia mangium*

**ABSTRACT** – The objective of this work was to monitor the establishment of *Gigaspora margarita* and *Glomus clarum* in reclaimed areas after the bauxite mining in Porto Trombetas, PA, Brazil. Soil samples were collected during the dry and rainy periods under one and five-year-old *Acacia mangium* trees grown from seedlings that had been inoculated with *Glomus clarum* and *Gigaspora margarita*. The exposed subsoil was managed without replacing the organic soil layer. FMA spores were extracted and identified through their morphologic characteristics. Spore density and frequency of each species were determined in each sampling. The index of abundance and frequency (IAF) were estimated for all samples. Under *A. mangium* the arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) spore density was high and increased with age, whereas the number of species was constant. *Glomus clarum* had the highest density whereas *Gigaspora margarita* the lowest. Most of the AMF fungi showed different patterns of sporulation during the rainy and dry seasons.

Key words: Taxonomy, mycorrhizal, seasonality, Amazonia, legume tree, land reclamation.

---

<sup>1</sup> Recebido em 27.08.2003 e aceito para publicação em 20.04.2005.

<sup>2</sup> Embrapa Gado de Corte Br 262, km 4, Caixa Postal 154, 79002-970 Campo Grande MS. E-mail: <analucycaproni@yahoo.com.br>.

<sup>3</sup> Embrapa Agrobiologia, Caixa Postal 74505, 23890-970 Seropédica-RJ. E-mail: <avilio@cnpab.embrapa.br>.

<sup>4</sup> Departamento de solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 23890-970 Seropédica-RJ. E-mail: <berbara@ufrj.br> <marinhof@yahoo.com.br>.

<sup>5</sup> Universidade Fundação Oswaldo Aranha, Av. Paulo Erlei Alves Abrantes, 1325, 27251-970 Três Poços, Volta Redonda-RJ. E-mail: <rodolfogranha@yahoo.com.br>.

## 1. INTRODUÇÃO

A inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nas mudas utilizadas para revegetação de solos degradados é importante, pois pode auxiliar e acelerar os processos de recuperação. Associações micorrízicas podem ajudar no estabelecimento das mudas no campo, contribuindo para a absorção de nutrientes e água, além de atuar na proteção contra os patógenos radiculares (NEWSHAM et al., 1995). No entanto, a inoculação com FMAs atua na sucessão vegetal ao favorecer o estabelecimento de espécies de plantas próprias de etapas sucessionais intermediárias e avançadas, acelerando a recuperação para uma cobertura vegetal clímax (GUERRERO et al., 1996).

A remoção da vegetação e a perda do horizonte superficial orgânico do solo durante os processos de mineração de bauxita promovem a perda parcial ou total dos propágulos de fungos micorrízicos arbusculares, bem como a redução na sua capacidade infectiva, podendo, segundo Souza e Silva (1996), afetar a sucessão das plantas pela limitação de espécies vegetais capazes de crescer sem estabelecer simbiose com esses fungos. Portanto, as atividades de reflorestamento nessas áreas devem envolver o plantio de mudas de espécies florestais micotróficas obrigatórias que receberam inóculos de bactérias diazotróficas e de FMAs, para garantir a sua sobrevivência (PFLEGER et al., 1994).

O uso de mudas com inóculos de FMAs, recebidos na fase de viveiro, é o principal método de introdução desses fungos em solos minerados. Esse método parece ser mais efetivo se as mudas receberem inóculos adaptados às condições edafoclimáticas nas quais serão introduzidas, por ajudar a sobrevivência e crescimento das plantas nas áreas em recuperação (PFLEGER et al., 1994).

Para garantir o sucesso da recuperação de áreas degradadas, é necessário selecionar espécies vegetais rústicas, tolerantes aos períodos secos e à baixa fertilidade, e capazes de produzir grande quantidade de matéria orgânica e sementes viáveis (CUENCA et al., 1998; CARNEIRO et al., 1999). Franco et al. (1992) utilizaram uma tecnologia baseada no emprego de espécies de leguminosas arbóreas que receberam inóculos de rizóbios e de FMAs como forma de superar as deficiências de nitrogênio e fósforo em áreas degradadas.

No Estado do Rio de Janeiro e em subsolo de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas, no Estado

do Pará, utilizaram-se espécies vegetais que receberam *G. clarum* e *G. margarita* como fontes de inóculos. Nessas áreas, as espécies vegetais introduzidas que apresentaram melhor desenvolvimento foram *Acacia mangium*, *A. holosericea*, *A. angustissima*, *Pseudosamanea guachapelle*, *Albizia saman* e *Sclerolobium paniculatum*. A introdução dessas leguminosas em áreas degradadas aumentou o número de esporos, a diversidade das espécies de fungos micorrízicos arbusculares e o desenvolvimento de associações com fungos ectomicorrízicos em espécies do gênero *Acacia* (SILVA et al., 1994; FRANCO et al., 1995).

Um FMA ideal necessita possuir muitas propriedades. Por exemplo, a habilidade para infectar as plantas rapidamente, explorar eficientemente o solo, transferir nutrientes prontamente para o hospedeiro, difundir-se e multiplicar-se, competir eficientemente e colonizar plantas cultivadas sob ampla variação das condições ambientais (DAFT, 1983). Essas propriedades podem não ser encontradas em um único FMA, mas em vários conjuntamente. O crescimento das plantas que receberam inóculos de FMAs em viveiro pode, entretanto, sofrer consideráveis variações no campo (SIQUEIRA e FRANCO, 1988). Um dos motivos é a falta de competitividade dos endófitos introduzidos, com a microbiota indígena do solo. Usando uma mistura de inóculos, estes terão diferentes estratégias, podendo, assim, reduzir a variação e trazer benefício mais consistente à planta hospedeira.

Como fonte de inóculos de FMAs, têm se utilizado *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*. Estas espécies têm se mostrado eficientes no estabelecimento de plantas no campo, tanto em solos ácidos quanto alcalinos (SILVA et al., 1994; FRANCO et al., 1995). Segundo Bartolome-Steban e Schenck (1994) e Clark (1997), *G. clarum* apresenta tolerância à alta saturação de alumínio no solo, porém Siqueira (1994) afirmou que essa espécie tem preferência por solo pouco ácido ou neutro, relatando também que a *G. margarita* predomina em solos com elevada acidez. No entanto, Habte (1995) observou que a germinação dos esporos de *G. margarita*, quando em condições de calagem, passou de 58 para 100%, sendo, assim, a acidificação do solo constituiu importante fator para a regulação da germinação. A temperatura e a precipitação também são fatores importantes na regulação dessa espécie, porém Balota e Lopes (1996) verificaram alta densidade de esporulação logo após

o período de menor temperatura e menor precipitação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição das comunidades de FMAs em áreas sob processo de revegetação, com mudas de *A. mangium* que receberam inóculos de *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, sem o retorno do horizonte superficial orgânico depois da mineração de bauxita, em duas épocas distintas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### Local

O Distrito de Porto Trombetas (56° W 1° 40' S) situa-se no município de Oriximiná, no Oeste do Pará, próximo ao rio Amazonas (LAPA, 2000). A região apresenta uma associação de latossolo e podzol. As unidades pedológicas são Latossolo Amarelo, com textura argilosa; Argissolo Vermelho-Amarelo, com textura média para argilosa; Podzólicos concrecionários, com concreções de ferro-amarelo; Neossolo quartzarênico; Neossolo flúvico; e Gleissolo. Tais solos apresentam um horizonte latossólico B, textura argilosa, e são ácidos, profundos, bem-drenados, plásticos e pegajosos. São solos de baixa fertilidade natural, baixa capacidade de troca de cátions e baixos níveis de saturação por bases (FERRAZ, 1993). De acordo com a classificação de Köppen, o clima regional é do tipo AW. O clima dessa região é bem definido, com estação seca e chuvosa (FERRAZ, 1993). A precipitação média mensal de junho a novembro de 1998 foi de 71,5 mm e de dezembro de 1998 a maio de 1999, de 257,1 mm.

### Amostragens

Para avaliar a ocorrência dos FMAs, foram coletadas amostras de solos em duas áreas degradadas pela mineração de bauxita e revegetadas com mudas de *Acacia mangium*. As mudas, produzidas com substrato formado por matéria orgânica proveniente da floresta primária e que receberam conjuntamente inóculos de *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, foram plantadas diretamente sobre o estéril. Um plantio encontrava-se com 1 e o outro com 5 anos de idade, nas épocas das coletas (agosto de 1998 e abril de 1999).

Foram coletadas, aleatoriamente, quatro amostras compostas, constituídas de 10 subamostras, em agosto/98 (período seco) e abril/99 (início do período chuvoso), em cada uma das áreas. As subamostras foram coletadas em uma profundidade de 0-20 cm. As subamostras foram

homogeneizadas e as amostras compostas com aproximadamente 1 dm<sup>3</sup>, secadas à sombra, passadas em peneira com malha de 5 mm e colocadas em sacolas plásticas e armazenadas a 10 °C até o seu processamento em laboratório.

As análises química e granulométrica, a determinação da umidade (Tabela 1) e as avaliações dos FMAs foram feitas no Laboratório da Embrapa Agrobiologia.

### Extração dos esporos e identificação das espécies de FMAs

De cada amostra, retiraram-se 100 mL de solo, de onde se extraíram os esporos por peneiramento úmido (GERDEMANN e NICOLSON, 1963), utilizando peneiras com malhas de 38 mm, seguida por centrifugação com sacarose. Após a contagem, os esporos foram transferidos para uma placa de Petri, e uma quarta parte do total foi separada aleatoriamente. Esses foram agrupados pelas características de tamanho, cor e forma, sendo os grupos colocados em lâminas com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG) e quebrados delicadamente, sob a lamínula, para a exposição das paredes internas. Na mesma lâmina, um segundo grupo de esporos foi montado com PVLG + reagente de Melzer

**Tabela 1** – Análises química e granulométrica e umidade das amostras de solo das áreas com plantio de *Acacia mangium* com 1 e 5 anos de idade, coletadas em agosto/98 e abril/99

Table 1 – Chemical, granulometric and moisture analysis of soil samples from the areas with 1 and 5 year-old *Acacia mangium* collected in august/98 and april/99

Parâmetros	Unidade	1 Ano		5 Anos	
		Ago./98	Abr./99	Ago./98	Abr./99
N (g.dm <sup>-3</sup> )		0,04	0,03	0,04	0,15
Carbono orgânico (g.dm <sup>-3</sup> )		0,33	0,27	0,26	1,72
pH		4,5	4,4	4,4	4,6
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /100 mL)		0,2	0,2	0,5	0,6
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /100 mL)		-	-	0,5	0,6
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /100 mL)		-	-	0,7	0,5
P (g/dm <sup>3</sup> )		4	18	1	4
K (g/dm <sup>3</sup> )		29	24	32	38
Areia total (g/kg)		13	-	6	-
Areia grossa (g/kg)		12	-	6	-
Areia fina (g/kg)		1	-	0	-
Silte (g/kg)		16	-	11	-
Argila total (g/kg)		71	-	83	-
Umidade (g/kg)		-	23,51	-	30,63

(-) não detectado.



(1:1), sob outra lamínula. Os resultados da reação de cor ao reagente de Melzer foram utilizados para caracterizar as paredes dos esporos, melhorando, em alguns casos, a visibilidade, especialmente daqueles esporos com paredes aderentes ou muito finas. Os esporos foram, então, identificados e quantificados por espécie.

A identificação das espécies de FMAs foi feita segundo Schenck e Perez (1988) e descrição morfológica disponível na internet, na página da International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM <http://invam.caf.wvu.edu>). As características taxonômicas foram interpretadas em microscópio óptico com iluminação de campo-claro e objetiva de imersão. Os caracteres taxonômicos incluíram número e tipo de camadas das paredes dos esporos e sua reação ao reagente de Melzer; características das paredes internas, quando presentes; morfologia da hifa de sustentação do esporo; e variação da cor e tamanho dos esporos.

#### Análise dos dados

Estimaram-se a densidade de FMAs total (D) e a de cada espécie (Di), por meio do número de esporos em 100 mL de solo. As diferenças nas densidades entre o número total de esporos e o de espécies e entre as épocas de amostragens e as áreas amostradas foram analisadas pelo teste não-paramétrico de Mann-Whitney (NOETHER, 1983). A frequência de ocorrência de cada espécie (Fi) foi calculada, em cada época de amostragem, pela determinação da porcentagem total de amostras em que cada espécie foi isolada (BROWER et al., 1990), de acordo com a equação  $F_i = J_i / K$ , em que Fi = frequência de ocorrência da espécie i; Ji = número de amostras em que a espécie i ocorreu e K = número total de amostras de solo.

A frequência relativa de cada espécie de FMA (FRi) foi estimada, para o período inteiro das amostragens (seco + chuvoso), como a proporção da soma das frequências para todas as espécies (BROWER et al., 1990), representada pela equação  $FR_i = f_i / \sum f$ , em que FRi = frequência de ocorrência relativa de dada espécie i; fi = frequência de ocorrência de dada espécie i; e  $\sum f$  = soma das frequências de todas as espécies.

O índice de abundância e frequência (IAF) foi calculado, para cada espécie, pela soma da frequência relativa (FRi) e densidade relativa (DRi) de seus esporos para o período inteiro de amostragens (período seco + chuvoso) (KOSKE e GEMMA, 1997) multiplicado por 100, podendo variar de 0 a 200. As espécies foram

ordenadas em quatro categorias, de acordo com sua contribuição na comunidade dos esporos, segundo Koske e Gemma (1997): nenhuma importância: IAF = 0; pouca importância:  $0 < IAF \leq 10$ ; moderada importância:  $10 < IAF \leq 30$ ; e grande importância: IAF > 30.

O IAF é similar ao “valor de importância”, que é um índice obtido para plantas superiores, em que se calculam a soma da densidade relativa e a frequência relativa de cada espécie (MUELLER-DOMBOIS e ELLENBERG, 1974). Essa estimativa tem a vantagem de usar mais de uma medida de influência e a desvantagem de dar igual peso e valores similares para cada combinação de dois valores relativos (BROWER et al., 1990).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Densidade dos esporos e número de espécies de FMAs

A densidade de esporos de FMAs aumentou no período chuvoso, mas não diferiu significativamente entre as épocas de coleta de amostras de solo no plantio de *A. mangium* com 1 ano (Tabela 2). Aos 5 anos de idade, entretanto, encontraram-se valores de densidade de esporos significativamente maiores na época chuvosa. Resultados semelhantes da esporulação das espécies de FMAs foram observados por Coelho et al. (1997) em solo sob plantio de *Eucalyptus*, onde a densidade de esporos foi mais alta no período chuvoso e com temperaturas mais altas.

**Tabela 2** – Densidade de esporos e número de espécies de FMAs, em 100 mL de amostras de solo, de área estéril com plantio de mudas de *Acacia mangium* inoculadas com *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, sem a reposição da camada superficial orgânica, em áreas remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas, PA

**Table 2** – Spore density and number of AMF species in 100 mL of soil samples from sterile land with seedlings of *Acacia mangium* inoculated with *Glomus clarum* and *Gigaspora margarita*, without the replacement of the organic superficial layer, in remnant areas of the bauxite mining in Porto Trombetas, PA

Áreas	Densidade de Esporos		Número de Espécies	
	ago./98	abr./99	ago./98	abr./99
<i>A. mangium</i> 1 ano	1516Aa <sup>1</sup>	933Ab	9Aa	10Aa
<i>A. mangium</i> 5 anos	2493Ba	4400Aa	9Aa	12Aa

<sup>1</sup>. Valores seguidos das mesmas letras maiúsculas nas linhas e letras minúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste não-paramétrico de Mann-Witney (p=0,05).

De modo geral, em condições de campo, as diferentes espécies de FMAs adaptam-se de maneiras distintas em função das condições ambientais (KLIRONOMOS et al., 1993). Segundo Stahl e Christensen (1991), as condições locais determinam a seleção das espécies de FMAs, são mais exigentes para adaptação ambiental e produzem respostas mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas.

A densidade de esporos foi alta no solo sob *A. mangium* e aumentou com a idade do plantio (Tabela 2). Com a prática de recuperação do solo degradado, sem a reposição do horizonte superficial orgânico e a introdução de mudas de *A. mangium* que receberam inóculos de *G. clarum* e *G. margarita*, notou-se que a esporulação dos FMAs aumentou no período de 1 para 5 anos. Como a esporulação é dependente da formação de novas raízes (SIEVERDING, 1991), pode-se sugerir que *A. mangium* em solo estéril com acidez elevada, baixos níveis de nutrientes e de matéria orgânica, tem a capacidade de estabelecer e estimular o aumento da população de FMAs.

Quanto ao número de espécies, os FMAs não diferiram significativamente entre as épocas de coleta de amostras de solo ou idades da revegetação com *A. mangium* (Tabela 2). Segundo Allen (1991), a diversidade de espécies de FMAs em monocultivos responde mais lentamente que o número de esporos ao tempo e às condições climáticas. A riqueza poderá ser aumentada em um período de tempo maior. Esse aumento pode se dar através dos mecanismos naturais de dispersão ou no processo natural de sucessão. É necessário que estudos com a técnica de plantas-isca sejam realizados para confirmar esses resultados, conforme discutiram Caproni et al. (2003).

#### Composição das comunidades de FMAs

Foram identificadas 18 espécies de FMAs no estéril sob plantio revegetado com *A. mangium* com 1 e 5 anos de idade de plantio (Tabela 3). Essas espécies pertencem a seis gêneros, quatro famílias e duas subordens. Dessas espécies, pelo menos 13 ocorreram nas amostras de solo coletadas na época seca (agosto) e 15 no período chuvoso (abril). O maior número de espécies identificadas pertence ao gênero *Glomus* (7 espécies), seguido pelo gênero *Acaulospora* (6 espécies), *Scutellospora* (2 espécies) e *Archeospora*, *Entrophospora* e *Gigaspora* (1 espécie cada).

A ocorrência das espécies de FMAs dependem das espécies de plantas, das características do solo e do tempo de amostragem. Isso fica claro quando se compara a diversidade de espécies de FMAs no plantio com *A. mangium* aos 5 anos de idade, no período chuvoso, com 12 espécies de FMAs e plantios com várias espécies de plantas, no mesmo período, com 38 espécies de FMAs, em uma mesma região de mineração de bauxita no Estado do Pará (CAPRONI, 2001).

#### Sazonalidade das espécies de FMA

Aos 5 anos de idade, somente *Acaulospora foveata* e *G. macrocarpum* apresentaram diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) na densidade de esporos (Tabela 3) em relação às épocas de coleta. *A. foveata* exibiu maior esporulação no período seco e *G. macrocarpum*, no período chuvoso. Tal como na floresta primária e na área revegetada com 16 anos de idade com plantio misto, na mesma região (CAPRONI, 2001), *G. macrocarpum* apresentou também maior esporulação no período chuvoso.

Essa espécie revela, então, boa adaptação para produzir altas densidades de esporos em condições de trópico úmido. Levantamentos de FMA em diferentes ecossistemas revelaram que os FMAs podem exibir certo grau de especificidade ecológica (McGONIGLE e FITTER, 1990). Mehrotra (1998) também demonstrou que as espécies de FMAs variam quanto à adaptação às condições de umidade do solo.

Fatores ambientais e florísticos influenciaram a esporulação e sobrevivência dos FMAs presentes introduzidos. Com 1 ano de idade de plantio das mudas de *A. mangium*, a esporulação de *G. clarum* foi mais elevada que a de *G. margarita*, tendo ambas as populações experimentado grande diminuição aos 5 anos (Tabela 3). Inversamente, um estudo realizado por Gaur et al. (1998) apontou que algumas espécies do gênero *Gigaspora* são mais adaptadas a solos com alto conteúdo de matéria orgânica (8,7%), apresentando alta esporulação.

No quinto ano de plantio, observou-se o aparecimento de espécies como *Acaulospora laevis*, *A. morrowiae*, *Archeospora leptoticha*, *Glomus microcarpum*, *G. nanolumem*, *Scutellospora calospora* e *S. weresubiae*. É possível que essas espécies tenham surgido nesse local através dos mecanismos de dispersão, ou seus propágulos não estavam em forma de esporos na época de coleta, com 1 ano de idade.

**Tabela 3** – Densidade de esporos por espécie de FMA, em 100 mL de amostra de solo, da área estéril com plantio de mudas de *A. mangium* inoculadas com *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, sem a reposição da camada superficial orgânica com 1 e 5 anos de idade, nos períodos de agosto/98 (seco) e abril/99 (chuvoso)

**Table 3** – Spore density of AMF species, in 100 mL of soil sample, from the sterile land with 1 and 5 year-old *A. mangium* inoculated with *Glomus clarum* and *Gigaspora margarita*, without the replacement of the organic superficial layer, in August/98 (dry) and April/99 (rainy)

Espécies	Ago./98 Abr./99		Ago./98 Abr./99	
	1 Ano		5 Anos	
Família Acaulosporaceae				
<i>Acaulospora foveata</i>	122	123	246*	42
<i>A. laevis</i>	-	-	20	-
<i>A. mellea</i>	-	102	713	360
<i>A. morrowiae</i>	-	-	66	-
<i>A. scrobiculata</i>	11	22	-	147
<i>A. tuberculata</i>	17	42	77	6
<i>Entrophospora colombiana</i>	-	125	-	40
Família Archeosporaceae				
<i>Archeospora leptoticha</i>	-	-	-	6
Família Glomaceae				
<i>Glomus claroideum</i>	12	5	-	-
<i>G. clarum</i>	1245*	338	123	-
<i>G. etunicatum</i>	35	-	-	43
<i>G. geosporum</i>	40	14	14	-
<i>G. macrocarpum</i>	25	34	1237	3578*
<i>G. microcarpum</i>	-	-	-	44
<i>G. nanolumem</i>	-	-	-	27
Família Gigasporaceae				
<i>Scutellospora calospora</i>	-	-	-	31
<i>S. weresubiae</i>	-	-	88	-
<i>Gigaspora margarita</i>	11	129	-	77

\*Significativo pelo teste não-paramétrico de Mann-Witney ( $P \leq 0,05$ ), entre as épocas. As análises estatísticas foram realizadas somente das espécies que esporularam nos dois períodos de coleta de amostras de solo. (-) não detectadas.

Algumas dessas espécies foram encontradas em áreas degradadas pela mineração e revegetadas (GARDNER e MALAJCZUR, 1988).

*Scutellospora calospora* foi observada em áreas de mineração de carvão e revegetadas, no norte da Índia (MEHROTRA, 1998). Vale salientar que algumas espécies de *Scutellospora*, *Acaulospora*, *Entrophospora* e *Glomus* possuem ampla distribuição geográfica (ALLEN et al., 1995). Portanto, a intensa supressão da esporulação de *Gigaspora margarita*, além da ausência de outras espécies desse gênero, indica menor distribuição geográfica desse fungo (WALKER, 1992) devido ao seu requerimento mais específico ambiente-hospedeiro (MEHROTRA, 1998).

### Densidade relativa e frequência de ocorrência das espécies de FMAs

Na Tabela 4 estão relacionadas as espécies de FMAs quanto à densidade relativa ( $DR_i$ ) e à frequência de ocorrência (F), nos períodos seco e chuvoso. Os esporos de *Acaulospora foveata* ocorreram em 100% das amostras de solo no período seco e em 50% no período chuvoso, com maior densidade relativa de esporos (8,96%) no período seco. *Acaulospora mellea* e *A. tuberculata* apresentaram, também, maior densidade relativa de esporos; porém, contrariamente à *A. foveata*, ocorreram em menor frequência no período seco.

**Tabela 4** – Densidade relativa (DR) e frequência de ocorrência (F) das espécies de FMAs identificadas nos plantios com *A. mangium* em estéril, sem a reposição da camada superficial orgânica a 1 e 5 anos de idade, nos períodos seco (ago./98) e chuvoso (abr./99), em áreas de mineração de bauxita, em Porto Trombetas, PA

**Table 4** – Relative density (RD) and occurrence frequency (F) of AMF species collected from 1 and 5 year-old *A. mangium* plantings in sterile land, without the replacement of the organic superficial layer considering the total number of the species from both samplings, in dry (August/98) and rainy (April/99) periods, in areas of bauxite mining in Porto Trombetas, PA

Espécies	$DR_i$		F	
	Ago./98	Abr./99	Ago./98	Abr./99
Família Acaulosporaceae				
	%		%	
<i>Acaulospora foveata</i>	8,96	3,09	100	50
<i>A. mellea</i>	17,40	8,66	50	75
<i>A. tuberculata</i>	2,27	0,89	37,5	50
<i>A. morrowiae</i>	1,61	-	25	-
<i>A. laevis</i>	0,48	-	12,5	-
<i>A. scrobiculata</i>	0,27	3,16	12,5	37,5
<i>Entrophospora colombiana</i>	-	3,09	-	75
Família Archeosporaceae				
<i>Archeospora leptoticha</i>	-	0,12	-	12,5
Família Glomaceae				
<i>Glomus macrocarpum</i>	30,80	67,72	87,5	87,5
<i>G. clarum</i>	33,39	6,34	62,5	50
<i>G. geosporum</i>	1,29	0,26	50	37,5
<i>G. claroideum</i>	0,28	0,09	25	12,5
<i>G. etunicatum</i>	0,85	0,80	25	12,5
<i>G. microcarpum</i>	-	0,83	-	25
<i>G. nanolumem</i>	-	0,51	-	12,5
Família Gigasporaceae				
<i>Gigaspora margarita</i>	0,26	3,87	25	37,5
<i>Scutellospora weresubiae</i>	2,14	-	12,5	-
<i>S. calospora</i>	-	0,58	-	25

(-) não detectada.

Os esporos de *A. laevis* foram observados no período seco, mas não no chuvoso, apresentando o mesmo comportamento de esporulação que nos plantios com reposição da camada superficial orgânica, esporulando somente no período seco (CAPRONI, 2001). Os esporos de *Entrophospora colombiana*, *Archeospora leptoticha*, *Glomus microcarpum*, *G. nanolumen* e *Scutellospora calospora* foram observados no período chuvoso, mas não no seco. Esse grupo de espécies indica a sazonalidade para a esporulação.

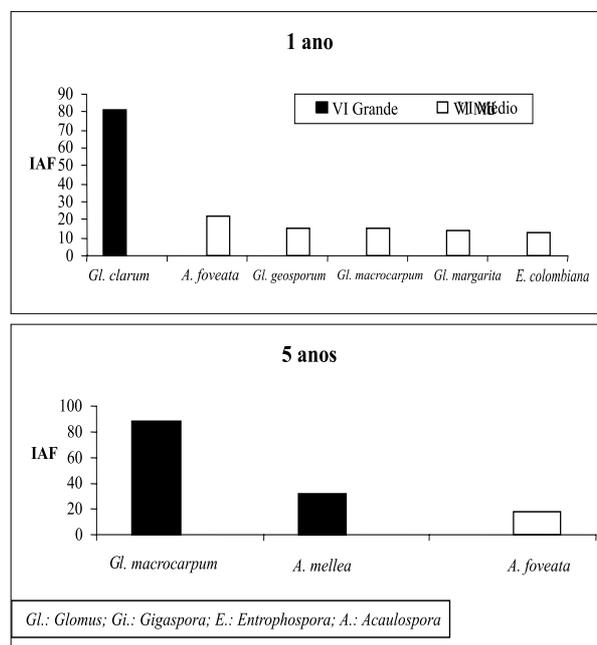
Os esporos de *Acaulospora foveata*, *A. mellea*, *A. scrobiculata*, *A. tuberculata*, *Glomus claroideum*, *G. clarum*, *G. etunicatum*, *G. geosporum*, *G. macrocarpum* e *Gigaspora margarita* ocorreram nos dois períodos de coleta das amostras de solo.

Os fungos *A. foveata*, *A. mellea*, *A. tuberculata*, *G. claroideum*, *G. etunicatum* e *G. geosporum* apresentaram maior densidade relativa de esporos no período seco que no período chuvoso. *A. foveata* e *G. etunicatum*, nos plantios mistos com reposição da camada superficial orgânica, também exibiram maior esporulação no período seco (CAPRONI, 2001). A esporulação da maioria das espécies de FMAs foi influenciada pela estação do ano, conforme também discutiu Mehrotra (1998).

#### Índice de abundância e frequência das espécies de FMA

O IAF para *Glomus clarum* foi alto em estéril sob plantio de *A. mangium* com 1 ano de idade, demonstrando claramente o efeito da inoculação dessa espécie nas mudas (Figura 1). Já aos 5 anos de idade *Glomus macrocarpum* e *Acaulospora mellea* apresentaram IAF alto para a comunidade, enquanto *A. foveata* e *E. colombiana* exibiram IAF médio e *G. clarum*, IAF baixo.

Das duas espécies inoculadas, *Glomus clarum* apresentou valor de importância superior à *G. margarita* no primeiro ano de idade no plantio de *A. mangium*. *G. margarita* exibiu valor de IAF médio, não sendo muito competitiva em campo, chegando mesmo a não esporular na época seca após 5 anos de plantio. Possivelmente, sua esporulação e frequência de ocorrência tenha sofrido influência da alta esporulação de *G. clarum* até 1 ano de plantio, bem como de outras espécies nativas até os 5 anos.



**Figura 1** – Índice de abundância e frequência (IAF) de FMA das espécies de FMAs encontradas nas áreas remanescentes da mineração de bauxita e revegetadas com *A. mangium* com 1 e 5 anos de idade, nas coletas de amostras de solo em agosto/98 e abril/99, em Porto Trombetas, PA.

**Figure 1** – AMF index of abundance and frequency (IAF) found in the remnant areas of bauxite mining reforested with 1 and 5 year-old *A. mangium*, in dry (August/98) and rainy (April/99) periods, in Porto Trombetas, PA.

## 4. CONCLUSÕES

1. A idade do plantio de *Acacia mangium* interfere na densidade de esporos, mas não no número de espécies de FMAs.

2. Quando inoculado em mudas de *A. mangium*, *Glomus clarum* produz alta densidade de esporos na fase inicial do plantio, declinando com o tempo, enquanto *Gigaspora margarita* aumenta a esporulação nas condições edafoclimáticas locais.

3. A maioria das espécies de FMA não apresenta o mesmo padrão de esporulação nos períodos seco e chuvoso sob o plantio de *Acacia mangium*, indicando alta especificidade diante da precipitação.

4. As espécies de FMAs, *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* apresentam características

distintas para a esporulação e indicam adaptações aos primeiros estágios de recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita.

## 5. AGRADECIMENTOS

À FAPERJ, ao CNPq e à Mineração Rio do Norte, pelo apoio financeiro; e à Dra. Sandra B. Trufem, pela colaboração na taxonomia dos esporos de FMAs.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, M. F. **The ecology of mycorrhizae**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 184p.
- ALLEN, E. B. et al. Patterns and regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity. **Plant Soil**, v.170, p.47-62, 1995.
- BALOTA, E. L.; LOPES, E. S. Introdução de fungo micorrízico arbuscular no cafeeiro em condições de campo: I. Persistência e interação com espécies nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 217-223, 1996.
- BARTOLOME-ESTABAN, H.; SCHENCK, N. C. Spore germination and hyphal growth of arbuscular mycorrhizal fungi in relation to soil aluminum saturation. **Mycologia**, v. 86, p. 217-226, 1994.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H.; VON ENDE, C. N. **Field and laboratory methods for general ecology**. 3.ed. Dubuque: WM C. Brown Publishers, 1990.
- CAPRONI, A.L. **Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em porto trombetas/PA**. 2001. 194f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e da aplicação de fósforo no estabelecimento de forrageiras em solo degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.9, p.1669-1677, 1999.
- CLARK, R. B. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low pH. **Plant Soil**, v. 192, p. 15-22, 1997.
- COELHO, F. C. et al. Caracterização e incidência de fungos micorrízicos em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, nos municípios de Botucatu, São José dos Campos e São Miguel Arcanjo, São Paulo. **Revista Árvore**, v.21, n. 4, p.563-573, 1997.
- CUENCA, G.; ANDRADE, Z.; ESCALANTE, G. Diversity of glomalean spores from natural, disturbed and revegetated communities growing on nutrient-poor tropical soils. **Soil Biology of Biochemistry**, v.30, n.6, p. 711-719, 1998.
- DAFT, M. J., The influence of mixed inocula on endomycorrhizal development. **Plant and Soil**, Hague, v. 71, p. 331-337, 1983.
- FERRAZ, J. B. Soil factors influencing the reforestation on mining sites in amazonia, LIETH, H.; LOHMANN, M. (Eds.), **Restoration of Tropical Forest Ecosystems**, v. 47, p. 52, 1993.
- FRANCO, A. A. et al. **Revegetação de solos degradados**. Brasília: Embrapa-CNPS, 1992. 8p. (Embrapa-CNPS. Comunicado técnico, 9).
- FRANCO, A. A. et al. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. In: ESTEVES, F. (Ed.) **Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas**. Ecologia Brasiliensis. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995. 616p.
- GARDNER, J. H.; MALAJCZUR, N. Recolonization of rehabilitated bauxite mine sites in western Australia by mycorrhizal fungi. **Forest Ecology and Management**, v. 24, p.27-42, 1988.
- GAUR, A. et al. Variation in the spore density and percentage of root length of tree species colonised by arbuscular mycorrhizal fungi at a rehabilitated waterlogged site. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 10, n. 4, p. 542-551, 1998.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, v. 46, p. 235-244, 1963.

- GOULD, A. B.; HENDRIX, J. W. Relationship of mycorrhizal activity to time following reclamation of surface mine land in western kentucky. II. Mycorrhizal fungal communities. **Canadian Journal Botany**, v. 76, p. 204-212, 1998.
- GUERRERO, E.; RIVILLAS, C.; RIVERA, E. L. Perspectivas de manejo de la micorriza arbusculares en ecosistemas tropicales. In: **GUERRERO, E. Micorrizas, recurso biológico del suelo**. Bogotá: Fondo Fen Colombia, 1996. p.181-206.
- HABTE, M. Soil acidity as a constraint to the application of vesicular-arbuscular mycorrhizal technology. In: VARMA, A.; HOCK, B. **Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology**. Berlin, Springer-Verlag, 1995. p.594-605.
- JASPER, D. A.; ABBOTT, K. K.; ROBSON, A. D. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of VamMycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v.112, p.91-99, 1989.
- KLIRONOMOS, J. N. et al. A comparison of spatial heterogeneity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in two maple-forest soils. **Canadian Journal of Botany**, v. 71, p. 1472-1480, 1993.
- KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. Mycorrhizae and succession in plantigs of beachgrass in sand dunes. **American Journal of Botany**, v. 84, p. 118-130, 1997.
- LAPA, R. P. A bauxita e o rejeito da bauxita. In: BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; ROLAND, F. (Eds). **Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico**. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, 2000. 27-35p.
- McGONIGLE, T. P.; FITTER, A. H. Ecological specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations. **Mycological Research**, v. 94, p.120-122, 1990.
- MEHROTRA, V. S. Arbuscular mycorrhizal associations of plants colonizing coal mine spoil in India. **Journal of Agricultural Science**, v. 130, p. 125-133, 1998.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- NEWSHAM, K. K.; FITTER, A. H.; WATKINSON, A. R. Multifunctionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizae. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n.10, p.407-411, 1995.
- NOETHER, G. E. **Introdução à estatística, uma abordagem não paramétrica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 258p.
- PFLEGER, F. L.; STEWART, E. L.; NOYD, R. K. **Role of VAM fungi in mine land revegetation**. In: PFLEGER, F. L.; LINGERMAN, R. G. **Micorrizae and plant health**, St. Paul: APS Press, 1994. p.47-82.
- SCHENCK, N. C.; PEREZ, Y. **A manual of identification of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi**, 2 ed. Gainesville: University of Florida, 1988. 241p.
- SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical Cooperation**. Eschborn: Federal Republic of Germany, 1991. 317p.
- SILVA, E. M. R. et al. Fungos micorrízicos em leguminosas arbóreas revegetando solos degradados. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 5., 1994, Florianópolis, **Resumos....** Florianópolis: EDEME, 1994. p.25.
- SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Eds.) **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p.151-194.
- SOUZA, F. A.; SILVA, E. M. R. **Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas**. In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras:Universidade Federal de Lavras/DCS e DCF, 1996. p.255-290.
- STAHL, P. D.; CHRISTENSEN, M. Population variation in the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*: breadth of environmental tolerance. **Mycological Research**, v. 95, p. 300-307, 1991.
- WALKER, C. Systematics and taxonomy of the arbuscular-endomycorrhizal fungi (Glomales) – a possible way forward. **Agronomie**, v.12, p. 887-897, 1992.