

Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares e glomalina em ecossistemas de Mata Seca, Brasil

Santos, Vera Lúcia da Silva¹; Cristiane Figueira da Silva^{2,3}; Marcos Gervasio Pereira²; Ricardo Luis Louro Berbara²

¹Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada, Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Campus Universitário, 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil; ²Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, UFRRJ, Campus Universitário, 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil; ³cfgueirasilva@yahoo.com.br

Santos, Vera Lúcia da Silva; Cristiane Figueira da Silva; Marcos Gervasio Pereira; Ricardo Luis Louro Berbara (2018) Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares e glomalina em ecossistemas de Mata Seca, Brasil. Rev. Fac. Agron. Vol 117 (1): 13-21.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a abundância e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), bem como a produção de proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG) (GT- glomalina total; GFE – glomalina facilmente extraível) em ecossistemas de Mata Seca no Norte de Minas Gerais. As amostras de terra foram coletadas em áreas com diferentes estádios de sucessão (inicial, intermediária, tardia e pasto) no Parque Estadual da Mata Seca no município de Manga, MG. A amostragem foi inteiramente casualizada, sendo coletadas três amostras simples para constituir uma composta, em um total de nove amostras compostas por área de estudo. Verificou-se que as áreas em início de sucessão (estádio inicial e pasto) estão estimulando a produção de propágulos de FMAs (esporos e biomassa de micélio externo), bem como a sua diversidade (riqueza total e índices de Shannon e Pielou) e produção de PSRG, as quais se encontram equivalentes ou superiores as áreas em estádios mais avançados (intermediário e tardio) de sucessão. Tal padrão pode contribuir para o estabelecimento de espécies vegetais de início de sucessão, que costumam apresentar elevada dependência micorrízica, e conseqüente avanço do processo sucessional.

Palavras-chave: Glomeromycota; diversidade; glicoproteína; Caatinga; Semiárido.

Santos, Vera Lúcia da Silva; Cristiane Figueira da Silva; Marcos Gervasio Pereira; Ricardo Luis Louro Berbara (2018) Arbuscular mycorrhizal fungi community and glomalin in dry forest ecosystems, Brazil. Rev. Fac. Agron. Vol 117 (1): 13-21.

This study aimed to evaluate the abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and production of soil protein related to Glomalin (PSRG) (GT- Total Glomalin; GFE - easily extractable Glomalin) in Dry Forest ecosystems in North of Minas Gerais. The soil samples were collected in areas with different stages of succession (early, middle, late and pasture) in the Dry Forest State Park in the municipality of Manga, MG. Sampling was completely random, and three simple samples were collected to form a composite sample in a total of nine composite samples by study areas. The production of AMF propagules (spores and mycelial biomass external), their diversity (total wealth and Shannon and Pielou indices) and PSRG production were stimulated in early succession areas (early stage and pasture), which were equivalent or better to areas in more advanced succession stages (intermediate and late). Such pattern may contribute to the establishment of early succession plant species, which often have high mycorrhizal dependency, and consequently advance the successional process.

Keywords: Glomeromycota; diversity; glycoprotein; Caatinga; Semi-Arid.

Recibido: 14/11/2017

Aceptado: 15/04/2018

Disponibile on line: 10/09/2018

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUÇÃO

A caatinga é um bioma único, exclusivamente brasileiro, reconhecido pela riqueza de espécies animais e vegetais (Mergulhão et al., 2009), sendo o principal representante da flora decídua (Werneck et al., 2000). É o principal ecossistema existente no nordeste e o mais representativo da região, com 734.478 km² que corresponde a 74,3% da região e englobam partes dos territórios pertencentes aos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e o Norte de Minas Gerais (Costa-Silva et al., 2003). A caatinga apresenta diferentes fitofisionomias dentre elas a floresta estacional decidual, também chamada de Mata Seca (Brandão, 2000), caracterizada por apresentar um ritmo estacional definido pela desfolha de sua vegetação durante o período seco (Belém, 2002).

Embora muito diversificadas e amplamente distribuídas em várias regiões do país, pouco se conhece sobre as Matas Secas (Almeida & Machado, 2007). Do ponto de vista ecológico, as pesquisas nestes ambientes são caracterizadas por estudos isolados sobre florística, estrutura, ecofisiologia, interação animal-planta, produção primária e ciclagem de nutrientes (Pigozzo & Viana, 2010; Santos et al., 2011; Pereira Júnior et al., 2012; Menezes et al., 2012; Silva et al., 2013; Sousa et al., 2014). Além disso, pouco se sabe sobre os processos que afetam a diversidade e a regeneração natural desse ecossistema (Pereira et al., 2003; Vieira & Scariot, 2006; Vieira et al., 2006).

Informações a respeito da diversidade microbiana do solo em Mata Seca são escassas, principalmente no que se refere aos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (Covacevich & Berbara, 2011). Estes organismos estão presentes no solo de quase todos os ecossistemas e formam associações mutualistas com a maioria das plantas (Augé et al., 2001; Pongrac et al., 2007; Feddermann et al., 2010). São importantes componentes da comunidade microbiana e contribuem para o sucesso no estabelecimento das plantas, ao passo que promovem uma maior capacidade de absorção de nutrientes, manutenção da diversidade vegetal, participa da ciclagem de nutrientes, estabilidade do solo e melhoram a capacidade das plantas em competir por recursos (Berbara et al., 2006; Siqueira et al., 2007; Wright et al., 2007; Smith & Read, 2008; Peng et al., 2013). Assim, os FMAs são reconhecidos como um componente integral e de fundamental importância na construção e estabilidade de ecossistemas terrestres em todo o mundo (Heijden et al., 2003).

Alguns fatores são considerados chave no estabelecimento dos FMAs e na geração de benefícios, proporcionados pela simbiose. De acordo com Vandenkoornhuyse et al. (2002; 2003) e Scheublin et al. (2004) as plantas hospedeiras exercem uma pressão de seleção sobre os fungos, indicando ser possível à existência de mecanismos bioquímicos específicos de reconhecimento na simbiose, conferindo certo grau de especificidade entre as partes, criando diversidade na comunidade fúngica.

As relações entre diversidade de plantas *versus* FMAs, bem como estágio sucessional *versus* diversidade de FMAs ainda não são completamente esclarecidas para

a maioria dos ecossistemas naturais. Stürmer et al. (2006) destacam que mudanças na diversidade de espécies de plantas nem sempre são acompanhadas por mudanças na diversidade de FMAs. Estes autores, avaliando a ocorrência de FMAs em solos sob diferentes estágios de sucessão secundária na floresta Atlântica, não observaram relação direta entre a diversidade de FMAs e a diversidade de plantas. Por outro lado, Sousa et al. (2014) observaram elevada riqueza de espécies de FMAs em áreas em fase final de sucessão, indicando que o estabelecimento da vegetação exerce um efeito positivo na comunidade de fungos.

Os FMAs podem participar do processo de sucessão vegetal e contribuir para a estabilidade dos sistemas naturais, através de diferentes fatores como, por exemplo, a produção de uma proteína (glomalina) que favorece a agregação e consequentemente melhora a qualidade do solo. A glomalina é um componente da parede das hifas dos FMAs, que se acumula no solo após o processo de decomposição das hifas por microrganismos edáficos (Driver et al., 2005). Rillig et al. (1999) apontaram esta proteína como um importante colaborador na fixação de carbono, tendo em vista sua participação no processo de formação e estabilização dos agregados (Wright et al., 2007; Bedini et al., 2007; Fokom et al., 2012).

A biodiversidade vegetal, os organismos que o acompanham e o representativo grau de endemismo da caatinga, ainda precisam ser mais estudados no intuito de suprir a falta de informações sobre este bioma, possibilitando o desenvolvimento de estratégias de manejo que venham contribuir para a manutenção e conservação deste importante ecossistema. A ampliação do conhecimento sobre a diversidade do semiárido é primordial para maior compreensão das relações biológicas nesse ambiente, particularmente a simbiose micorrízica, considerando sua grande extensão (Mergulhão et al., 2009) e sua aplicabilidade na recuperação de ecossistemas florestais. Nesses ecossistemas, as micorrizas que predominam são as ectomicorrizas, no entanto, tendo em vista a importância dos FMAs e às poucas informações sobre os FMAs em Mata Seca, e reconhecendo a importância que esta fitofisionomia representa para a conservação dos ecossistemas de florestas tropicais secas, este trabalho teve como objetivo avaliar a composição e diversidade de espécies destes fungos e a produção de proteína do solo relacionada à glomalina em área de pasto e diferentes estágios sucessionais de Mata Seca, no Norte de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Parque Estadual da Mata Seca – PEMS, localizado no município de Manga, norte de Minas Gerais. O PEMS apresenta uma área de 10.281,44 hectares e está localizado no Médio São Francisco entre os municípios de São João das Missões e Matias Cardoso, MG (IEF, 2000), entre as coordenadas geográficas de 43°97'02" S – 14°64'09" W e 44°00'05" S – 14°53'08" W. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo AW, caracterizado pela existência de uma estação seca bem

acentuada (maio-outubro), com temperaturas médias anuais variando de 24°C a 26°C, e a pluviosidade média anual é de 660 mm (SIMGE, 2008). As chuvas são irregulares e concentradas nos meses de dezembro a março.

Para o estudo, foram selecionadas quatro áreas em diferentes estádios sucessionais: 1) uma área de pasto com cinco anos sem intervenção humana, tomada por capim colônia *Panicum maximum* Jacq.; 2) área de início de sucessão com oito anos em processo de regeneração; 3) intermediária com 17 anos sem intervenção antrópica; e 4) floresta tardia sem registro de intervenção antrópica. Foram coletadas, na época chuvosa (Fevereiro/2008), inteiramente ao acaso, três amostras simples para constituir uma composta, em um total de nove amostras compostas por área de estudo, na profundidade de 0-10 cm.

As amostras foram avaliadas quanto às propriedades químicas, físicas (Embrapa, 1997) (Tabela 1) e biológicas (FMAs e proteína do solo relacionada à glomalina - PSRG). Para avaliação dos FMAs, as amostras foram levadas ao Laboratório de Micorizas da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, (RJ), onde os esporos de FMAs foram extraídos de 50 cm³ de solo por peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963) e centrifugação em solução de sacarose a 45%, sendo quantificados diretamente em placas de Petri caneladas, em estereomicroscópio. A seguir os esporos foram fixados em lâminas para a identificação das espécies a qual foi feita de acordo com a análise morfológica clássica, segundo (Schenck & Perez, 1988) e além de descrições das espécies fornecidas pelas páginas do INVAM (International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Morgantown, WV, EUA - <http://invam.caf.wvu.edu/>). Estimou-se a abundância de FMAs por meio do número total de esporos em 50 g de solo e a frequência de ocorrência de cada espécie de FMA. Foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') (Shannon-Weaver, 1949) e da equabilidade através do índice de Pielou (J') (Odum, 1988). O índice de diversidade de Shannon-Weaver considera igual peso entre as espécies raras e abundantes (Magurran, 1988). Quanto maior for o valor de H', maior será a diversidade de espécies de FMAs, nesse estudo. Este índice expressa riqueza e uniformidade. O índice de

Pielou, pertence ao intervalo [0,1], em que 1 representa a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies de FMAs são igualmente abundantes. As espécies de FMAs foram classificadas quanto a sua presença nas áreas estudadas em Generalistas (ocorrendo nas cinco áreas), Intermediárias (ocorrendo em duas ou três áreas) e Exclusivas (ocorrendo em apenas uma área) (Adaptado de Zhang et al., 2004).

A quantificação da biomassa do micélio externo (ME) no solo foi realizada segundo metodologia descrita por Giovannetti & Mosse (1980) modificado por Herrera et al. (1986).

A glomalina foi quantificada como proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG) (GT – glomalina total; GFE – glomalina facilmente extraível). A GFE foi obtida a partir da extração em autoclave, utilizando-se 1 g de solo e 8 ml de solução citrato de sódio 20 mM, pH 7,4, a uma temperatura de 121°C por 30 min. A quantidade GT foi obtida utilizando-se 1 g de solo e 8 ml de citrato de sódio 50 mM, com pH 8,0 a 121°C, por 60 min. Para extração desta fração, foram necessários mais de um ciclo de autoclavagem, até que a amostra atingisse a cor amarelo-claro. A quantificação da glomalina foi realizada pelo método Bradford (1976) modificada por Wright et al. (1996), disponível no site www.usda.gov, usando como padrão soro-albumina bovina. As concentrações da glomalina, para ambas as frações, foram corrigidas para mg g⁻¹ de solo, considerando-se o volume total de sobrenadante e o peso seco do solo.

Os dados foram avaliados quanto à homocedasticidade, pelo teste de Cochran (Snedecor & Cochran, 1989) e quanto à distribuição normal dos resíduos pelo teste de Lilliefors (Campos, 1979). Posteriormente, foram submetidos à análise de variância e ao teste t de Bonferroni ($\alpha = 0,05$) (Bailey, 1977) através do programa SISVAR 4.6. As análises de componentes principais e de Cluster (Medida de ligação: Euclidiana) foram realizados por meio do programa PAST (Hammer et al., 2004). Para análise de componentes principais foram utilizadas as seguintes variáveis: C.org, pH, Ca, Mg, P, K, riqueza de espécies e de gêneros de FMAs, ME, índices de diversidade Shannon e de Pielou, glomalina total e glomalina facilmente extraível. Para a análise de agrupamento foram utilizados os dados de frequência de ocorrência das espécies de FMAs.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo de áreas em estágios de sucessão inicial, intermediário, tardio e pasto na profundidade de 0-10 cm.

Sucessão	Propriedades Químicas					Granulometria			
	pH	P mg kg ⁻¹	K cmol _c kg ⁻¹	Ca cmol _c kg ⁻¹	Mg cmol _c kg ⁻¹	C.org	Areia g kg ⁻¹	Silte g kg ⁻¹	Argila g kg ⁻¹
Pasto	6,43	1,89	1,32	6,56	0,46	13,33	382	285	333
Inicial	7,03	0,62	0,42	9,73	0,48	21,77	511	189	300
Intermediária	5,06	0,30	0,16	1,96	0,35	17,60	471	149	380
Tardia	6,63	0,46	0,36	6,67	0,34	21,20	433	207	360

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado um total de 19 espécies de FMAs, pertencentes aos gêneros *Acaulospora* (7), *Glomus* (4), *Claroideoglofus* (2), *Dentiscutata* (1), *Cetraspora* (1), *Scutellospora* (1), *Gigaspora* (1), *Archaeospora* (1) e *Ambispora* (1) (Tabela 2). Os gêneros que mais se destacaram foram *Glomus* e *Acaulospora* estando presentes em todas as áreas (Tabela 2). Dados que são corroborados pelos de Sousa et al. (2014) os quais avaliaram a composição de FMAs em diferentes estádios sucessionais de caatinga na região semi-árida do Brasil. Estes autores discutem, baseado em estudos realizados por Boddington & Dodd (2000), que a predominância de esporos pequenos, como os de *Glomus* e *Acaulospora*, pode ser uma adaptação ao estresse hídrico. Além do fato de se considerar que esses gêneros apresentam grande número de espécies.

Gomide et al. (2014) discutem que a frequência de ocorrência (FR) determina o quanto uma espécie é distribuída na área amostral, provendo uma medida se a espécie é rara ou comum dentro do ecossistema (Saggin Júnior & Siqueira, 1996; Stürmer & Bellei, 1994), além de fornecer alguns indícios de quão adaptada uma espécie está às diferentes condições ambientais e de solo (Stürmer & Siqueira, 2008). No

presente estudo, a maioria das espécies de FMAs foi observada em menos de 50% das amostras, e as espécies (*Acaulospora delicata*, *Acaulospora rehmi*, *Scutellospora scutata*, *Acaulospora foveata*, *Acaulospora spinosa*, *Scutellospora scutata*, *Claroideoglofus etunicatum*, *Glomus formosanum* e *Glomus* sp.) consideradas exclusivas, apresentaram FR \leq 33% (Tabela 2).

Das 19 espécies apenas *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus macrocarpum* e *Glomus tortuosum* foram consideradas generalistas, ou seja, ocorreram em todas as áreas (Tabela 2). A espécie *Glomus macrocarpum* pode ser considerada a espécie com melhor adaptabilidade e menos suscetível a mudança, por ter ocorrido nas diferentes áreas, com elevada (acima de 70%) frequência de ocorrência (Tabela 2). Estes resultados são corroborados pelos de Sousa et al. (2014) e Aidar et al. (2004) em áreas com diferentes estágios sucessionais na Caatinga e na Floresta Atlântica, respectivamente. Focchi et al. (2004), consideraram em seus estudos que a espécie *G. macrocarpum* esporula indiferentemente aos fatores ambientais. De acordo com Souza et al. (2003), a dificuldade para se estabelecer um padrão de distribuição dos FMAs pode estar associada aos diversos fatores bióticos e abióticos relacionados aos ambientes, como também às diferentes estratégias de sobrevivência destes fungos.

Tabela 2. Frequência (FR) de ocorrência de espécies de FMAs encontrada nas áreas de pasto e nas três áreas de sucessão (inicial; intermediária e tardia), em Mata Seca no norte de Minas Gerais, na profundidade 0-10 cm. *Classificação adaptada de Zhang et al. (2004), onde G são espécies Generalistas que ocorreram em todas as áreas; I, são Intermediárias que ocorreram em duas a três áreas; e E, são Exclusivas que ocorreram em somente uma área.

Espécie	FR (%)				Classi*
	Pasto	Inicial	Inter.	Tardia	
ARCHAEOSPORACEAE					
<i>Ambispora Leptoticha</i> (Schenck & Smith) Walker, Vestberg & Schüssler	22	11	33	-	I
ACAULOSPORACEAE					
<i>Acaulospora delicata</i> Walker, Pfeiffer e Bloss	11	-	-	-	E
<i>Acaulospora denticulata</i> Sieverding & Toro	44	11	-	11	I
<i>Acaulospora rehmi</i> Sieverding & Toro	-	-	11	-	E
<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos	-	-	22	-	E
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	11	78	33	67	G
<i>Acaulospora spinosa</i> Walker & Trappe	-	11	-	-	E
<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe	-	44	11	-	I
GIGASPORACEAE					
<i>Gigaspora</i> sp.	-	33	44	-	I
<i>Dentiscutata heterogama</i> (Nicolson & Gerderman) Sieverding, Souza & Oehl	11	-	-	11	I
<i>Cetraspora pellucida</i> (Nicolson & Schenck) Oehl, Souza & Sieverding	11	11	56	-	I
<i>Scutellospora scutata</i> Walker & Dieder	-	-	11	-	E
CLAROIDEOGLOMERACEAE					
<i>Claroideoglofus lamellosum</i> (Dalpé, Koske & Tews) Walker & Schüßler	22	11	-	11	I
<i>Claroideoglofus etunicatum</i> (Becker & Gerderman) Walker & Schussler	33	-	-	-	E
GLOMERACEAE					
<i>Glomus claviforme</i> (Trappe) Almeida & Schenck	33	11	-	22	I
<i>Glomus formosanum</i> Wu & Chen.	-	22	-	-	E
<i>Glomus macrocarpum</i> Tulasne & Tulasne	78	100	100	100	G
<i>Glomus tortuosum</i> Schenck & Smith	100	100	33	56	G
<i>Glomus</i> sp.	-	-	11	-	E
Riqueza total de gêneros (RG)	6	6	6	4	-
Riqueza total de espécies (RE)	11	12	11	7	-

As espécies *A. delicata* e *C. etunicatum* foram exclusivas da área de pasto, enquanto *A. spinosa* e *G. formosanum* foram registradas apenas na área com estágio inicial de sucessão. As espécies *A. rehmi*, *A. foveata*, *S. scutata* e *Glomus sp.* foram observadas somente na área em estágio intermediário de sucessão, enquanto as espécies encontradas na área em estágio sucessional tardio (*Acaulospora denticulata*, *A. scrobiculata*, *Scutelospora heterogama*, *Glomus clavisorum*, *Glomus lamellosum*, *G. macrocarpum* e *G. tortuosum*) foram registradas em dois ou mais estágios de sucessão avaliados. De acordo com Carrenho et al. (2001) e Sousa et al. (2014) diferentes espécies de plantas hospedeiras podem criar diferentes habitats ao redor de suas raízes promovendo o estabelecimento de distintas espécies de FMAs.

É importante ressaltar que a ausência de esporos não garante que a espécie não esteja presente em determinada área (Silva et al., 2006; 2014; Santos et al., 2014). As espécies consideradas raras ou de baixa frequência podem estar no ambiente em outras formas, como hifas, raízes colonizadas e células auxiliares, tal como destacado por alguns autores (Carrenho et al., 2001; Santos & Carrenho, 2011; Santos et al., 2014).

A menor riqueza total de gêneros (RG) e de espécies (RE) foi observada na área de sucessão tardia (quatro e sete, respectivamente), enquanto as demais áreas apresentaram valores próximos (RG – seis, seis e seis; RE - 11, 12 e 11, para as áreas de pasto, sucessão inicial e intermediária, respectivamente) (Tabela 2). Embora não tenham sido observadas grandes variações entre as áreas de pasto, sucessão inicial e intermediária, no que se refere a essas variáveis (RG e RE), verificou-se que as mesmas apresentaram mudanças na composição da comunidade de espécies, uma vez que apresentaram uma distância de ligação entre si, e quando comparadas a área com sucessão tardia \geq a 80%. Ou seja, quanto maior é a distância de

ligação entre as áreas, maior é a diferença na composição das espécies de FMAs entre as mesmas (Figura 1).

A variação na composição da comunidade de espécies de FMAs pode estar relacionada à interação com os fatores do ambiente, como os atributos físicos e químicos do solo, morfológicos e fisiológicos das plantas, compatibilidade genética das espécies de fungos e plantas que ocorrem no local, dispersão dos fungos e extinção de algumas espécies de plantas do local (Silva et al., 2008; Zangaro & Moreira, 2010). Assim, como as áreas do presente estudo apresentam distintos estágios de sucessão, é possível que a comunidade de plantas esteja variando entre as áreas, o que pode estar influenciando a composição das espécies dos FMAs.

Em relação à diversidade de espécies avaliada através do índice de Shannon-Weaver (H'), o qual leva em consideração tanto a riqueza de espécies quanto a distribuição de organismos dentro de cada espécie, verificaram-se maiores valores de diversidade na área de pasto e início de sucessão vegetal, sendo acompanhada pelos valores da equabilidade de Pielou que foram maiores nessas áreas (Tabela 3). O que permite inferir que os estágios iniciais de sucessão estão estimulando mais a diversidade da comunidade de espécies de FMAs, do que os estágios mais avançados. Avaliando a comunidade de FMAs em rizosferas de espécies vegetais em área de mata ciliar revegetada, e diferentes agro e ecossistemas de Mata Atlântica, respectivamente, Carrenho et al. (2001) e Pereira (2013) observaram que os índices de diversidade, riqueza e equabilidade de espécies de FMAs tendem a diminuir nas comunidades estabelecidas nas rizosferas de espécies clímax, ou seja, espécies de estágios mais avançados de sucessão.

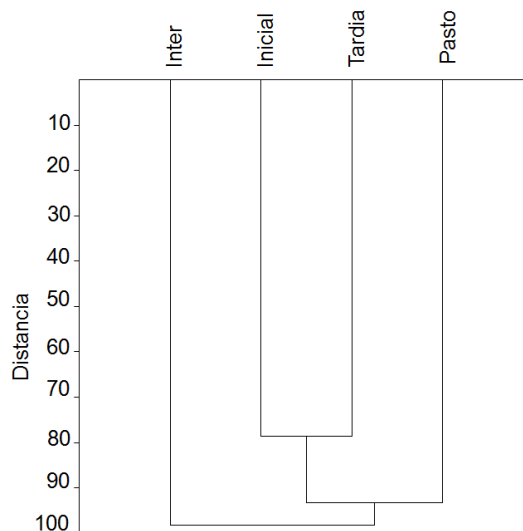


Figura1. Dendrograma da ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em solos sob pasto e diferentes estágios de sucessão (inicial; intermediária e tardia), em Mata Seca no norte de Minas Gerais, na profundidade 0-10 cm. Medida de Similaridade: (Euclidiana). Inter = intermediária.

Tabela 3. Índices de diversidade de Shannon (H') e de Pielou (J'), abundância de esporos (AE), biomassa de micélio externo (ME) de FMAs e glomalina facilmente extraível (GFE) e glomalina total (GT) em áreas de pasto e diferentes estádios de sucessão (inicial; intermediária e tardia), em Mata Seca no norte de Minas Gerais, na profundidade 0-10 cm. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de t de Bonferroni a 5 % de significância.

Sucessão	H'	J'	AE 50 g ⁻¹ solo	ME mg dm ⁻³	GFE -----mg g ⁻¹ -----	GT
Pasto	0,40	0,79	304 a	114,45 a	1,10 a	5,12 a
Inicial	0,45	0,70	213 b	131,85 a	0,77 a	5,20 a
Intermediária	0,31	0,58	126 c	160,41 a	0,86 a	6,34 a
Tardia	0,25	0,52	85 c	194,55 a	0,83 a	6,49 a

De uma forma geral, as áreas em estudo apresentaram baixa abundância de esporos (AE), variando de 305 a 85 esporos 50 cm⁻³ de solo, sendo a maior média observada na área de pasto, e a menor na área de sucessão tardia (Tabela 2). O mesmo padrão (baixa esporulação) foi verificado por outros autores (Souza et al., 2003; Shi et al., 2007; Mello et al., 2012; Sousa et al., 2014) em estudos em regiões semi-áridas. Sousa et al. (2014) discutem que a baixa AE observada em áreas com diferentes estádios de sucessão pode estar relacionada a presença de espécies de FMAs com baixa capacidade de esporulação (Bashan et al., 2000). As áreas de sucessão intermediária e tardia apresentaram menores valores de abundância de esporos quando comparadas as áreas de sucessão inicial e pasto (Figura 1). Siqueira et al. (1989), destacam que ambientes mais estáveis apresentam baixa esporulação e atribuem tal padrão, à presença constante de hospedeiros e à ausência de variações bruscas na fertilidade do solo, o que pode garantir a sobrevivência de espécies desses fungos com baixa capacidade natural de esporulação ou que produzem esporos com baixa capacidade de resistência a condições adversas.

Além disso, a formação de raízes vegetais finas e a alta eficiência fotossintética das espécies hospedeiras podem estimular a esporulação dos FMAs (Picone, 2000), sendo possível que a área de pasto e de sucessão vegetal inicial, por apresentarem dominância de gramínea (*Panicum maximum* Jacq.) como cobertura vegetal, tenha promovido maior esporulação nessas áreas.

Entre as hipóteses apresentadas por Picone (2000), para o fato de algumas espécies de FMAs produzirem mais esporos em área de pastagem em comparação com a floresta nativa, destacam-se: a condição da planta hospedeira (morte ou senescência) pode induzir a esporulação. Devido ao pastejo, ciclo curto de vida da planta, fogo e período de estiagem, a senescência e a morte dos hospedeiros nas pastagens são mais frequentes quando comparados a vegetação hospedeira nas florestas, podendo aumentar a abundância de esporos; as pastagens apresentam maior densidade de raízes finas em relação à floresta e em função disso, pode aumentar a quantidade de esporos; a esporulação depende do hospedeiro que pode determinar a abundância relativa de esporos.

Por outro lado, as médias da biomassa de micélio externo (ME) não apresentaram diferenças significativas entre as áreas avaliadas, embora seja

possível observar um aumento gradual nos valores da área de pasto em direção à área de sucessão tardia (Tabela 2). Da mesma forma ocorreu para as frações da proteína do solo relacionada à glomalina (glomalina total - GT, e facilmente extraível - GFE), as quais não apresentaram diferenças entre as áreas, embora os valores indiquem uma leve tendência ao maior incremento nas áreas em estádios mais avançados. Sousa et al. (2014) avaliando essas frações (GT e GFE) em diferentes estádios sucessionais da Caatinga, no Estado da Paraíba, observaram que a área em estágio mais avançado de sucessão (Tardia) apresentou teores das frações da PSRG similares ou inferiores aos estádios intermediário, inicial e pasto.

Os valores de GT observados nesse estudo (Tabela 2), os quais variaram de 5,12 a 6,49 mg g⁻¹ de solo, nas áreas de pasto e sucessão tardia, respectivamente, são superiores aos quantificados por Nobre et al. (2015) e Sousa et al. (2014) em regiões semi-áridas do Brasil.

A análise de componentes principais mostrou a separação entre as áreas com os diferentes estádios sucessionais em razão dos atributos químicos (Ca, Mg, P, K) e o carbono orgânico, bem como das variáveis relacionadas aos FMAs (AE, RG, RE, H' , J' , ME, GT e GFE). Foram geradas duas componentes principais (Fator 1 e Fator 2) cuja variância acumulada foi de 84,45%, em que o eixo F1 foi capaz de explicar 62,85 % e o F2 21,60% dessa variância (Figura 2).

Ao longo do eixo F1 (principal), foi possível perceber a existência de dois agrupamentos distintos: sucessão tardia e intermediária, à esquerda; e sucessão inicial e pastagem, à direita; para o agrupamento à esquerda, verificou-se maior associação da GT e ME com os estádios mais avançados de sucessão (tardio e intermediário). Enquanto o agrupamento à direita, relacionou-se à maioria das variáveis; no entanto, pode-se observar que o estágio inicial de sucessão foi mais propício ao índice de diversidade de Shannon (H') estando também associado ao pH do solo, e aos nutrientes Ca e Mg. Alguns estudos evidenciam o pH como um dos atributos do solo que influencia determinados gêneros e espécies de FMAs (Siqueira et al., 1989; Trufem, 1990; Silveira, 1998; Stürmer et al., 2006). De acordo com Gomide et al. (2014) relacionar os atributos do solo com a ocorrência de FMAs representa uma tentativa de explicar os efeitos de processos locais/ecológicos atuando sobre a diversidade fúngica. No entanto, sabe-se que diferentes são os fatores ambientais que interferem na dinâmica dos FMAs no solo (Zangaro & Moreira, 2010).

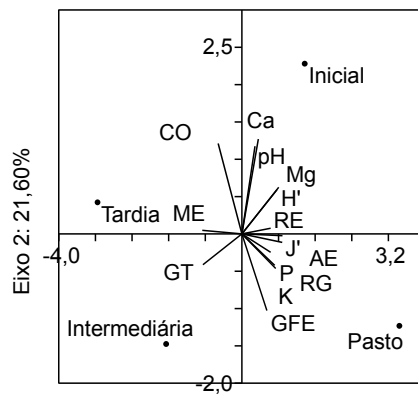


Figura 1: 62,85%

Figura 2. Diagrama de ordenação (Análise de componentes principais – ACP) integrando as variáveis químicas e biológicas do solo áreas de pasto e diferentes estádios de sucessão (inicial; intermediária e tardia), em Mata Seca no norte de Minas Gerais, na profundidade 0-10 cm.

CONCLUSÕES

O estágio de sucessão inicial e a pastagem estão promovendo a produção de propágulos de FMAs (esporos e biomassa de micélio externo), bem como sua riqueza total, diversidade e produção de proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG) na mesma magnitude ou superior aos estágios mais avançados de sucessão (intermediária e tardia).

Agradecimentos

A Itamar Garcia Ignácio, técnico do laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia pelo apoio na identificação dos táxons de FMAs; À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento do projeto de pesquisa; À UFRRuralRJ e Embrapa Agrobiologia pelo apoio logístico; Ao Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) CRN II/14 com recursos do US National Science Foundation (Grant GEO-04523250) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aidar, M.P.M., R. Carrenho & C.A. Joly. 2004. Aspects of arbuscular mycorrhizal fungi in the Atlantic Forest chronosequence in Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP. *Biota Neotropica* 4: 1-15.

Almeida, H.S. & E.L.M. Machado. 2007. Relações florísticas entre remanescente de floresta estacional decídua no Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 5: 648-650.

Augé, R.M., A.J.W. Stodola, J.E. Tims & A.M. Saxton. 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. *Plant and Soil* 230: 87-97.

Bailey B.J.R. 1977. Tables of the Bonferroni t statistic. *Journal of the American Statistical Association* 72: 469-472.

Bashan, Y., M. Moreno & E. Troyo. 2000. Growth promotion of the seawater-irrigated oilseed halophyte *Salicornia bigelovii* inoculated with mangrove

rhizosphere bacteria and halotolerant *Azospirillum* spp. *Biol Fertil Soils* 32: 265–272.

Bedini, S., L.E.A. Avio & M. Giovannetti. 2007. Effects of long-term land use on arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 120: 463-466.

Belém, R.A. 2002. Projeto Caminhadas no Parque: uma proposta de educação ambiental para o Parque Municipal da Sapucaia. Monografia (Especialização em Geografia Ensino e Meio Ambiente) - Centro de Ciências Humanas, Universidade Estadual de Montes Claros. Montes Claros/ MG. 55pp.

Berbara, R.L.L., F.A. de Souza & H.M.A.C. Fonseca. 2006. Fungos Micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: *Nutrição mineral de plantas*. Ed. M.S. Fernandes Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG 53-88.

Boddington C.L. & J.C. Dodd. 2000. The effect of agricultural practices on the development of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. II. Studies in experimental microcosms. *Plant and Soil* 218: 145–157.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for mycorrhizal association whit barley on sewage-amended plots. *Soil Biology & Biochemistry* 20: 945-948.

Brandão, M. 2000. Caatinga. In: *Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas de Extinção da Flora de Minas Gerais*. Mendonça, M. & L. Lins. (Org.). Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. MG. 75-85.

Campos, H. 1979. *Estatística experimental não-paramétrica*. 3.ed. Piracicaba, ESALQ, 343p.

Carrenho, R., S.F.B.Trufem & V.L.R. Bononi. 2001. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instalados em área de mata ciliar revegetada. *Acta Botânica Brasílica* 15: 115-124.

Costa-Silva, G.M., H. Silva, M.L.F. Cavalcanti & P.L. Martins. 2003. Autecologia *Bauhinia forficata* L. Espécie ameaçada de extinção no ecossistema da Caatinga. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 3: 1-15.

Covacevich, F. & R.L.L. Berbara. 2011. Indigenous arbuscular mycorrhizae in areas with different successional stages at a tropical dry forest biome in

- Brazil. African Journal of Microbiology Research 5: 2697–2705.
- Driver, J.D., W.E. Holben & M.C. Rillig.** 2005. Characterization of glomalins as hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology & Biochemistry* 37: 101-106.
- Embrapa** (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1997. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 212 pp.
- Feddermann N., R.R. Duvvuru Muni, T. Zeier, J. Stuurman, F. Ercolin, M. Schorderet & Reinhardt D.** 2010. The *PAM1* gene of petunia, required for intracellular accommodation and morphogenesis of arbuscular mycorrhizal fungi, encodes a homologue of VAPYRIN. *The Plant Journal* 64: 470-481.
- Focchi, S.S., F.K.D. Soglio, R. Carrenho, P.V.D. Souza & P.E. Lovato.** 2004. Fungos micorrízicos em cultivos de citros sob manejo convencional e orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39: 469-476.
- Fokom, R., S. Adamou, M.C. Teugwa, A.D. Begoude Boyogueno, W.L. Nana, M.E.L. Ngonkeu, N.S. Tchameni, D. Nwaga, G. Tsala Ndzomo & P.H. Amvam zollo.** 2012. Glomalins related soil protein, carbon, nitrogen and soil aggregate stability as affected by land use variation in the humid forest zone of south Cameroon. *Soil and Tillage Research* 120: 69-75.
- Gerdemann, J.W. & T.H. Nicolson.** 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. *Transactions of British Mycological Society* 46: 235-244.
- Giovannetti, M. & B. Mosse.** 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhiza infections in roots. *New Phytologist* 84: 489-500.
- Gomide, P.H.O., M.L.N. Silva, C.R.F.S. Soares, E.L. Cardoso, F. Carvalho, P.L. Leal, R.M. Marques & S.L. Stürmer.** 2014. Fungos micorrízicos arbusculares em fitofisionomias do pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 38: 1114-1127.
- Hammer, O., D.A. Harper & P.D. Ryan.** 2004. Past - Paleontological Statistics ver.1.12. Disponível em: <http://www.folk.uio.no/ohammer/past> Acesso em 15 janeiro de 2014.
- Heijden, E.W.van der. & T.W. Kuyper.** 2003. Ecological strategies of ectomycorrhizal fungi of *Salix repens*: root manipulation versus root replacement. *Oikos* 103: 668-680.
- Herrera R.A., A. Rodríguez & E. Furrázola.** 1986. Método para determinar la biomasa de micelio extramático vesículo-arbuscular. In: Ciclo lectivo sobre el tema técnicas de investigación en micorriza, 18 a 28 de septiembre de 1985, Turrialba. Turrialba: CATIE, (IFS CATIE, Informe Provisional 18) 197-207.
- IEF – Instituto Estadual de Florestas.** Parecer técnico para a criação do Parque Estadual da Mata Seca. Relatório técnico, Belo Horizonte, MG 2000.
- INVAM.** International culture collection of (vesicular) arbuscular mycorrhizal fungi. Disponível em: <http://invam.caf.wvu.edu/>. Acesso em 17 jun. 2009.
- Magurran, A.E.** 1988. Ecological diversity and its measurement, New Jersey, Princeton University Press, 179 pp.
- Mello, C.M.A., I.R. Silva, J.S. Pontes, B.T. Goto, G.A. Silva & L.C. Maia.** 2012. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em área de Caatinga, PE, Brasil. *Acta botânica Brasílica* 26: 938-943.
- Menezes, R.S.C., E.V.S.B. Sampaio, V. Giongo & A.M. Pérez-Marin.** 2012. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. *Brazilian Journal of Biology* 72: 643-653.
- Mergulhão, A.C.E.S., M.V.B. Figueiredo, H.A. Burity & L.C. Maia.** 2009. Hospedeiros e ciclos sucessivos de multiplicação afetam a detecção de fungos micorrízicos arbusculares em áreas impactadas por mineração gesseira. *Revista Árvore* 33: 227-236.
- Nobre, C P., M.L. Lázaro, M.M.E. Santo, M.G. Pereira & R.L.L. Berbara.** 2015. Agregação, glomalina e carbono orgânico na Chapada do Araripe, Ceará, Brasil. *Revista Caatinga* 28: 138-147.
- Odum, E. P.** 1988. Ecologia, São Paulo, Guanabara 434pp.
- Peng, S., T. Guo & G. Liu.** 2013. The effects of arbuscular mycorrhizal hyphal networks on soil aggregations of purple soil in southwest China. *Soil Biology and Biochemistry* 57: 411-417.
- Pereira, C.M.R.** 2013. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em área de Mata Atlântica sob diferentes usos do solo. Dissertação (mestrado) Pós-graduação em Biologia de Fungos. Universidade Federal de Pernambuco. 83pp.
- Pereira, I. M., L.A. Andrade, E. Sampaio & M.R.V. Barbosa.** 2003. Use-history effects on structure and flora of Caatinga. *Biotropica* 35: 154–165.
- Pereira Júnior L. R., A.P. de Andrade & K.D. Araújo.** 2012. Composição florística e fitossociológica de um fragmento de caatinga em Monteiro, PB. *Holos* 6: 73-87.
- Picone, C.** 2000. Diversity and abundance of arbuscular mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture. *Biotropica* 32: 734-750.
- Pigozzo, C.M. & B.F. Viana.** 2010. Estrutura da rede de interações entre flores e abelhas em ambiente de Caatinga. *Oecologia Australis* 14: 100-114.
- Pongrac, P., K. Vogel-Mikus, P. Kump, M. Neemer, R. Tolra, C. Poschenrieder, J. Barcelo & M. Regvar.** 2007. Changes in elemental uptake and arbuscular mycorrhizal colonisation during the life cycle of *Thlaspi praecox* Wulfen. *Chemosphere* 69: 1602-1609.
- Rillig, M.C., S.F. Wright, M.F. Allen & C.B. Field.** 1999. Rise in carbon dioxide changes soil structure. *Nature* 400: 628.
- Saggin-Júnior, O.J. & J.O. Siqueira.** 1996. Micorrizas Arbusculares em cafeeiro. In *Avanços em fundamentos e aplicações de micorrizas*. Ed. Siqueira, J.O. Lavras: UFLA 203-254.
- Santos, F.E.F. & R. Carrenho.** 2011. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em remanescente florestal impactado (Parque Cinquentenário - Maringá, Paraná, Brasil). *Acta Botanica Brasílica* 25: 508-516.
- Santos, O.S., J.T. Souza, J.M.F.F. Santos, D.M. Santos & E.L. Araújo.** 2011. Diferenças sazonais no aporte de serrapilheira em uma área de caatinga em Pernambuco. *Revista Caatinga* 24: 94-101.
- Santos R.S., P.A.B. Barreto & R.N. Scoriza.** 2014. Efeito da sazonalidade na comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em um fragmento de mata de

cipó em Vitória da Conquista, Bahia. Revista Brasileira de Biociências 12: 46-51.

Shannon, C. E. & W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Illinois: University of Illinois Press.

Schenck, N.C. & Y. Perez. 1988. A manual of identification of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi 2.ed. University of Florida, Gainesville, Florida, 241pp.

Scheublin, T.R., K.P. Ridgway, J.P.W. Young & M.G.A. van der Heijden. 2004. Nonlegumes, legumes, and root nodules harbor different arbuscular mycorrhizal fungal communities. Applied and Environmental Microbiology 70: 6240-6246.

Shi, Z.Y., L.Y. Zhang, X.L. Li, G. Feng, C.Y. Tian & P. Christie. 2007. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with desert ephemerals in plant communities of Junggar Basin, northwest China. Applied Soil Ecology 35: 10-20.

Silva, C.F., M.G. Pereira, E.M.R. Silva, M.E.F. Correia & O.J. Saggin Junior. 2006. Fungos Micorrízicos Arbusculares Em Áreas no Entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba, SP. Caatinga 19:1-10.

Silva, R.F., Z.I. Antonioli, R. Andrezza & J. Kaminski. 2008. Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com eucalipto, pinus e campo nativo em solo arenoso, São Francisco de Assis, RS. Ciência Florestal 18: 353-36.

Silva, C.F., M.A. Martins, E.M.R. Silva, M.G. Pereira & M.E.F. Correia. 2013. Influência do sistema de plantio sobre atributos dendrométricos e fauna edáfica, em área degradada pela extração de argila. Revista Brasileira de Ciência do Solo 37: 1742-1751.

Silva, C.F., J.L.S. Araújo, E.M.R. Silva, M.G. Pereira, J.A. Schiavo, M.S.M. Freitas, O.J. Saggin-Junior & M.A. Martins. 2014. Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares: diversidade, composição e glomalina em área revegetada com sesbânia. Revista Brasileira de Ciência do Solo 38: 423-431.

Silveira, A.P.D. 1998. Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares. In: Ecologia Microbiana. Ed. Melo, I.S. & J.L. Azevedo. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA. 61-86.

SIMGE. Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.simge.mg.gov.br/>> Acesso em 20 set. 2008.

Siqueira, J. O., A. Colozzi-Filho & E. Oliveira. 1989. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira 24: 1499-1506.

Siqueira, J.O., C.R.F. Sousa, J.G.D. Santos, J. Schneider & M.A.C. Carneiro. 2007. Micorrizas e degradação do solo: Caracterização, efeitos e ação recuperadora. In: Tópicos em ciência do solo. Ed. Ceretta, C.A., L.S. Silva & J.M. Reichert. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG. 5: 219-305.

Smith, S. E. & D.J. Read. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, New York.

Snedecor, W. & W.G. Cochran. 1989. Statistical methods. 8.ed. Ames, Iowa State University Press, 1989. 502pp.

Souza, R.G., L.C. Maia, M.F. Sales & S.F.B. Trufem. 2003. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de caatinga, na região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. Revista Brasileira de Botânica 26: 49-60.

Sousa, C.S., R.S.C. Menezes, E.V.S.B. Sampaio, F.S. Lima, L.C. Maia & F. Oehl. 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi in successional stages of caatinga in the semi-arid region of Brazil. Ciência Florestal 24: 137-148.

Stürmer, S.L. & M.M. Bellei. 1994. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina, Brazil. Canadian Journal of Botany 72: 359-363.

Stürmer, S.L. & J.O. Siqueira. 2008. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em ecossistemas brasileiros. In: Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. Ed. Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O., Brussaard, L. Editora da UFLA 537-583.

Stürmer, S.L., O. Klauberg Filho, M.H.D. Queiroz & M.M.D. Mendonça. 2006. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in soils of early stages of a secondary succession of Atlantic Forest in South Brazil. Acta Botanica Brasílica 20: 513-521.

Trufem, S.F.B. 1990. Aspectos ecológicos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares da mata tropical úmida da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. Acta Botânica Brasílica 4: 31-45.

Vandenkoornhuyse, P., K.P. Ridgway, I.J. Watson, A.H. Fitter & J.P.W. Young. 2003. Co-existing grass species have distinctive arbuscular mycorrhizal communities. Molecular Ecology 12: 3085-3095.

Vandenkoornhuyse, P., R. Husband, T.J. Daniell, I.J. Watson, J.M. Duck, A.H. Fitter & J.P.W. Young, J.P.W. 2002. Arbuscular mycorrhizal community composition associated with two plant species in a grassland ecosystem. Molecular Ecology 11: 1555-1564.

Vieira, D.L.M. & A. Scariot. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forest for restoration. Restoration Ecology 14: 11-20.

Vieira, D.L.M., A.B. Sampaio & S.D. Holl. 2006. Tropical dry-forest regeneration from root suckers in Central Brazil. Journal of Tropical Ecology 22: 353-357.

Werneck, M.S., E.V. Franceschinelli & E. Tameirão-Neto. 2000. Mudanças na florística e estrutura de uma floresta decídua durante um período de quatro anos (1994-1998), na região do triângulo mineiro, MG. Revista Brasileira de Botânica 23: 401-413.

Wright S.F., M. Franke-Snyder, J.B. Morton & A. Upadhyaya. 1996. Time-course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. Plant and Soil 181: 193-203.

Wright, S.F., V.S. Gren & M.A. Cavigelli. 2007. Glomalin in aggregate size classes from three different farming systems. Soil and Tillage Research 94: 546-549.

Zangaro, W. & M. Moreira. 2010. Micorrizas arbusculares nos Biomas Floresta Atlântica e Floresta de araucária. In: Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil. Ed. Siqueira, J.O., F.A. de Souza, E.J.B.N. Cardoso & S.M. Tsai, Editora UFLA 1: 279-310.

Zhang, Z., J. Shrager, M. Jain, C. Chang, O. Vallon & A.R. Grossman. 2004. Insights into the survival of *Chlamydomonas reinhardtii* during sulfúfur starvation based on microarray analysis of gene expression. Eukaryotic Cell, 1331-1348.