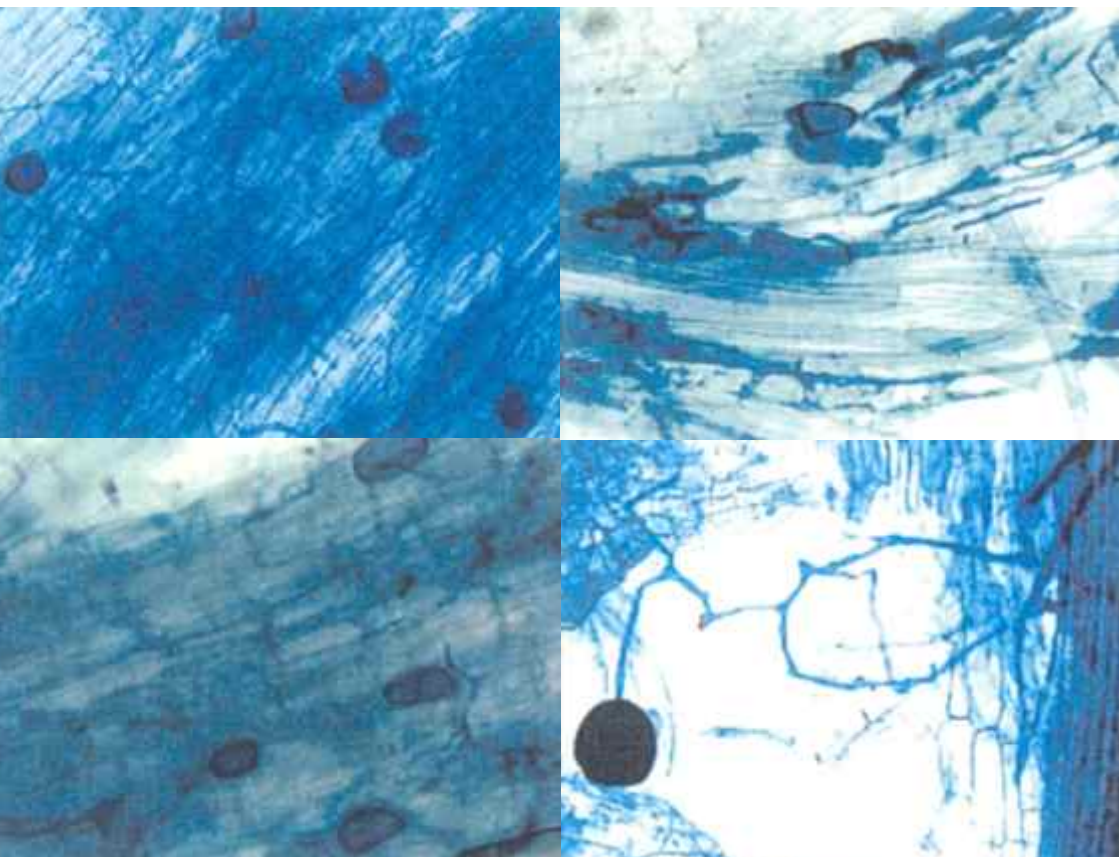


Micorriza Arbuscular: um bioindicador da fertilidade dos solos e da distribuição de árvores no Bioma Cerrado





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1676-918X

Agosto, 2004

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 132

Micorriza Arbuscular: um bioindicador da fertilidade dos solos e da distribuição de árvores no Bioma Cerrado

Carmen Regina Mendes de Araújo Correia
Adriana Reatto
Éder de Souza Martins
Euzébio Medrado da Silva
Linda Styer Caldas
Jeanine Felfili Fagg

Planaltina, DF
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Dimas Vital Siqueira Resck*

Editor Técnico: *Carlos Roberto Spehar*

Secretária-Executiva: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Normalização bibliográfica: *Hozana Alvares de Oliveira*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Foto da capa: *Carmen Regina Mendes de Araújo Correia*

Editoração eletrônica: *Jussara Flores de Oliveira*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza /
Jaime Arbués Carneiro*

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição

1ª impressão (2004): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação na publicação.

Embrapa Cerrados.

M626 Micorriza arbuscular : um bioindicador da fertilidade dos solos e da distribuição de árvores no Bioma Cerrado / Carmem Regina Mendes de Araújo Correia ... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2004.

38 p. — (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X ; 132)

1. Micorriza arbuscular. 2. Microbiologia do solo - Cerrado. I. Correia, Carmem Regina Mendes de Araújo. II. Série.

631.422 - CDD 21

© Embrapa 2004

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	7
Caracterização química	8
Caracterização físico-hídrica	8
Coleta das amostras de solo e raízes	9
Caracterização dos fungos micorrízicos e contagem dos esporos	10
Caracterização florística	10
Análise estatística	10
Resultados e Discussão	11
Características pedológicas, químicas e físico-hídricas dos solos das comunidades vegetais	11
Colonização micorrízica nas comunidades vegetais	15
Conclusões	33
Referências Bibliográficas	34

Micorriza Arbuscular: um bioindicador da fertilidade dos solos e da distribuição de árvores no Bioma Cerrado

Carmen Regina Mendes de Araújo Correia¹; Adriana Reatto²; Éder de Souza Martins³; Euzébio Medrado da Silva⁴; Linda Styer Caldas⁵; Jeanine Felfili Fagg⁶

Resumo – A grande variedade de fitofisionomias existente no Bioma Cerrado tem sido associada a diferentes fatores ambientais como clima, relevo, geologia, entre outros. O fator solo exerce influência fundamental nessa diversidade ambiental. As suas características químicas, físico-hídricas e biológicas formam um complexo de inter-relações, muitas vezes, difícil de analisar. A atuação do componente biológico nos solos de Cerrado ainda é pouco estudada. Das populações que compõem a microbiota, as micorrizas são reconhecidas de grande importância nos ambientes oligotróficos ou sujeitos a qualquer tipo de restrição. Haja vista a ampla ocorrência de solos distróficos no Cerrado, pode-se supor que as micorrizas têm importante papel na composição das comunidades vegetais naturais sobre esses solos. Com o objetivo de identificar a importância das micorrizas na distribuição de espécies arbóreas e melhor compreender a associação entre micorrizas e fertilidade do solo na região do Bioma Cerrado, realizou-se o presente trabalho. Foram analisados um Cerrado *Stricto Sensu* sobre solo distrófico e uma Mata Semidecídua sobre solo eutrófico. Na comunidade do Cerrado houve, em média, 16,6% de colonização micorrízica nas raízes e na Mata Semidecídua 8,3%. As densidades de morfotipos de fungos e de esporos também foram maiores no solo distrófico. Baseado nas características químicas, físico-hídricas dos solos e na estrutura florística da comunidade, procurou-se discutir a diferença entre esses valores. Além da maior fertilidade do solo da Mata Semidecídua, sugere-se que as características físico-hídricas desse solo devam ter contribuído para a menor colonização em relação à da comunidade do Cerrado *Stricto Sensu*.

Termos para indexação: colonização micorrízica, solo eutrófico, solo distrófico.

¹ Eng. Agrôn., Dept. de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, naluro@unb.com.br

² Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Cerrados, reatto@cpac.embrapa.br

³ Geól., Dr., Embrapa Cerrados, eder@cpac.embrapa.br

⁴ Eng. Agrôn., Ph.D., Embrapa Cerrados, euzebio@cpac.embrapa.br

⁵ Biól., Profª, Depto de Botânica, Universidade de Brasília.

⁶ Eng. Florest., Profª, Depto de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília.

Arbuscular Mycorrhiza as an Indicator of the Fertility of the Soils And of the Distribution of Trees in the Cerrado Biome

Abstract – *The great variety of existent phytophysionomies in the Cerrado Region has been associated to different environmental factors as climate, relief, geology and others. The soil factor has fundamental influence in this environmental diversity. Its chemical, physical-hydrological and biological characteristics form complex interrelations, many times, difficult to analyze. The performance of the biological component in the soils of Cerrado is still not well studied. Among the populations that compose of the soil microbiota, the mycorrhizas have a great importance in oligotrophic environments. Considering the wide occurrence of dystrophic soils in the Cerrado, it can be supposed that the mycorrhizas have an important role in the natural plant communities of these soils. The objective of the present work was to identify the importance of the mycorrhizas in the distribution of tree species and understand the association between mycorrhizas and fertility of the soil in the Cerrado Region. Two communities were analyzed: Cerrado Senu Stricto over dystrophic soils and Semi-Deciduous Forest over eutrophic soils. The results showed that the first community possessed an average 16,6% of mycorrhizal colonization and the second possessed an average 8,3% of mycorrhizal colonization. The densities of morphotypes of mushrooms and of spores were also larger in the dystrophic soil. According to the chemical and physical-hydrological characteristics of the soils and of the communities floristic structure, tried to discuss the difference among these values. Besides the largest fertility of the soil of the Semi-Deciduous Forest, the physical-hydrological characteristics of this soil might have contributed to the smallest colonization in relation to that observed in the Cerrado Senu Stricto community.*

Index terms: mycorrhizal colonization, eutrophic soils, dystrophic soils.

Introdução

A sustentabilidade de muitos ambientes oligotróficos tem sido atribuída, em parte, aos benefícios que as plantas e os solos recebem de associações simbióticas com microrganismos do solo ([FRANCO; DÖBEREINER, 1994](#)). As micorrizas, especialmente, assumem importante papel, pois estão relacionadas à maior absorção de nutrientes e a melhores relações hídricas nas plantas colonizadas. Além desses benefícios diretos, os indiretos também podem ser observados. Indiretamente, as micorrizas aumentam a proteção das plantas contra patógenos e metais pesados, além de torná-las melhores competidoras em ambientes recém-colonizados ([SILVEIRA, 1998](#)).

Por sua vez, tem sido demonstrado que as associações micorrízicas perdem efetividade em solos com fertilidade mais alta, podendo a relação se tornar parasitária para as plantas ([JEFFRIES; DODD, 1994](#)). Essa alteração se dá, principalmente, em solos com maiores teores de fósforo ([TRESSEDER, 2004](#)). Isso sugere que, nesses solos, o custo da simbiose possa ser maior que o seu benefício.

Com base nessas informações, levantou-se a hipótese de que a colonização micorrízica seria maior nas raízes das plantas de uma comunidade sobre solo distrófico do que em uma comunidade sobre solo mais fértil.

Com o objetivo de identificar a importância das micorrizas na distribuição de espécies arbóreas e melhor compreender a associação entre micorrizas e a fertilidade do solo na região do Bioma Cerrado, realizou-se o presente trabalho.

Material e Métodos

As comunidades vegetais selecionadas foram Mata Semidecídua no Município de Alto Paraíso, GO, na localidade denominada Sertão (14°03'50,3"S e 47°23'51,3"W) e um Cerrado *Stricto Sensu* na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal (15°58'07"S e 47°55'50"W). As áreas foram selecionadas com o intuito de se obter uma distinção evidente entre os solos de modo que essa variabilidade pudesse ser relacionada à biodiversidade de espécies vegetais e micorrízicas. Nas duas áreas, foram abertos perfis pedológicos, segundo os procedimentos de [Santos et al. \(1995\)](#), para subsidiar a classificação deles, assim como para fornecer informações sobre seu comportamento físico-hídrico.

Com base nas características morfológicas, físicas e químicas, os solos foram classificados de acordo com [Camargo et al. \(1987\)](#) e [Embrapa \(1999\)](#). Uma vez identificadas as características importantes, foi realizada a descrição e a coleta de perfis para análise de laboratório. As análises realizadas foram:

Caracterização química

Nas amostras de terra fina secadas ao ar (TFSA) foram determinados pH em H₂O, pH em KCl, Al trocável, Ca + Mg, P, K, H + Al, Matéria Orgânica (MO) e Carbono Orgânico (C), segundo [Embrapa \(1997\)](#).

Caracterização físico-hídrica

A análise granulométrica e a quantidade de argila dispersa em água foram determinadas em amostras deformadas, de acordo com a metodologia de [Embrapa \(1997\)](#). A separação das frações grosseiras cascalhos e calhaus também foi feita segundo a metodologia citada.

Os parâmetros físico-hídricos foram avaliados por meio de duas funções hídricas do solo:

- Curva de retenção de água pelo método da centrífuga modificado ([FREITAS JR; SILVA, 1984](#)), usando-se a expressão:

$$\theta(h) = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left[\frac{1}{1 + (\alpha h)^n} \right]^{1-1/n}$$

onde: $\theta(h)$ = umidade volumétrica em cm³/cm³;

θ_s = umidade volumétrica de saturação em cm³/cm³;

θ_r = umidade volumétrica residual em cm³/cm³;

h = tensão de água no solo em kPa;

α = parâmetro de ajuste do modelo relacionado à textura do solo;

n = parâmetro de ajuste do modelo relacionado à estrutura do solo.

Para avaliação das curvas de retenção de água foram coletadas seis amostras indeformadas em cilindros de 100 cm³ por camada pedológica em todos os perfis selecionados, obtendo-se também a densidade aparente, porosidade total, macroporosidade e microporosidade.

- Água disponível total:

A capacidade de água disponível dos solos foi calculada a partir da curva de retenção de água, densidade aparente e profundidade do perfil, de acordo com [Reichardt \(1990\)](#). Foi considerado como limite superior, o conteúdo de água equivalente à tensão de 10 kPa e o limite inferior equivalente ao conteúdo de água na tensão de 100 kPa.

A condutividade hidráulica foi determinada em laboratório conforme [Embrapa \(1997\)](#).

Coleta das amostras de solo e raízes

Dentro de cada comunidade, foi delimitada área de 100 x 100 m e 30 pontos foram amostrados sobre linhas paralelas e distanciadas 20 m entre si. Em março de 2000 (período chuvoso), foram coletadas, com o auxílio de pá de jardim, amostras de solo contendo raízes, na camada de 0 a 20 cm. Cerca de 1 kg de solo foi retirado de cada ponto e acondicionado em saco plástico.

De cada ponto, retirou-se outra amostra de solo que foi acondicionada em lata de alumínio vedada para a determinação da umidade atual. A umidade gravimétrica foi obtida conforme [Embrapa \(1997\)](#).

As amostras acondicionadas em sacos plásticos foram mantidas sob refrigeração até o processamento. As raízes finas foram separadas manualmente do solo e lavadas em água corrente até a retirada completa do solo antes do armazenamento, em sacos plásticos, no freezer. As amostras de solo foram analisadas química e fisicamente para as mesmas características obtidas para o perfil e com a mesma metodologia, exceto a caracterização físico-hídrica que não foi feita para essas amostras.

As raízes finas foram coloridas pelo método de [Koske e Gemma \(1989\)](#) e a porcentagem de colonização obtida pelo método calibrado por [Giovannetti e Mosse \(1980\)](#), utilizando-se lupa binocular estereoscópica com aumento de 40 vezes. Obteve-se a porcentagem de colonização de raízes para cada ponto amostrado.

Não houve identificação das espécies de plantas que foram amostradas. As raízes se constituíram em amostras mistas e as porcentagens de colonização obtidas são, segundo [Moyersoen et al. \(1998\)](#), uma estimativa da colonização dessas amostras.

Caracterização dos fungos micorrízicos e contagem dos esporos

Amostras compostas de solo, obtidas de coletas em cinco pontos distintos em cada área, foram retiradas na camada de 0 a 20 cm para a contagem de esporos e identificação das populações fúngicas. Essas amostragens foram feitas no mês de julho. Os esporos foram extraídos conforme [Tihohod \(1993\)](#) e a identificação dos fungos micorrízicos, segundo [Schenck e Perez \(1987\)](#).

Caracterização florística

Dentro de cada área de estudo, foi feita a identificação das espécies arbóreas que possuíam mais de 5 cm de diâmetro a 1,30 cm de altura do chão. Seguiu-se o mesmo caminhamento feito para a coleta das amostras de solo e raízes. Não foi feita a contagem do número de indivíduos de cada espécie. As espécies de árvores presentes na Mata Semidecídua e no Cerrado *Stricto Sensu* encontram-se listadas na [Tabela 7](#).

Análise estatística

Os dados de colonização micorrízica foram transformados em

arco – seno $\sqrt{\frac{y}{100} * \frac{180}{\pi}}$, onde y = % colonização micorrízica. Para comparar a

distribuição das porcentagens de colonização entre as duas áreas, foi feito o teste de Kolmogorov-Smirnov para as duas comunidades: Mata Semidecídua e Cerrado *Stricto Sensu*, com significância a 1%. Utilizou-se o programa Statgraphics versão 5.

A ordenação das características dos solos foi feita por Análise de Componentes Principais (PCA), utilizando-se o programa CANOCO, versão 2.1 ([TER BRAAK, 1988](#)). Os dados de solo foram logaritmicamente transformados e padronizados atribuindo-se pesos iguais a todos eles ([NOY-MEIR et al., 1975](#)). Analisaram-se as variáveis umidade, pH, Al⁺⁺⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, P, K e textura. Esta não foi analisada na área do Cerrado *Stricto Sensu*, pois não houve variação nos 30 pontos amostrados.

A Análise de Componentes Principais (PCA) produziu dois tipos de diagramas: em um foram ordenadas as características de solo analisadas em cada ponto

dentro das comunidades. No outro foram distribuídas as porcentagens de colonização em cada um dos 30 pontos amostrados.

Resultados e Discussão

Características pedológicas, químicas e físico-hídricas dos solos das comunidades vegetais

Com base nas características morfológicas, físicas e químicas do perfil, o solo da Mata Semidecídua de Alto Paraíso foi classificado, segundo [Embrapa \(1999\)](#), como: Chernossolo Háptico léptico, textura argilo-siltosa, fase Mata Seca Semidecídua, relevo ondulado, substrato sedimento coluvionar composto de fragmentos de metasiltito e calcário. O solo do Cerrado *Stricto Sensu* é um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, A moderado, textura muito argilosa, Fase Cerrado Típico, relevo plano a suave-ondulado, substrato metarritmito argiloso ([EMBRAPA, 1999](#)). São, portanto, solos bem diferentes quanto à fertilidade, com comportamento físico-hídrico semelhante na camada superficial. Essa semelhança se dá em função do elevado teor de matéria orgânica na camada superficial do solo de Alto Paraíso e das características de estrutura e porosidade do solo do Bioma Cerrado. Os solos diferem também quanto a profundidade: o da Mata Semidecídua é raso, com 74 cm, enquanto o do Cerrado, 164 cm.

Os resultados das análises químicas das amostras retiradas nos horizontes dos perfis dos solos foram utilizados para calcular a saturação por bases e a saturação por alumínio ([Tabelas 1 e 2](#)). Observou-se, a partir dos dados do horizonte A, do perfil sob a Mata Semidecídua, que a saturação de bases é bastante alta (79,8%), sendo um solo eutrófico e com saturação por alumínio de 0,10%. Nesse horizonte, o pH é de 6,2 e o teor de fósforo é de 23,1 mg.dm⁻³ de solo. Pela análise do perfil do solo no Cerrado *Stricto Sensu*, detecta-se, no horizonte A, baixo teor de fósforo (0,55 mg.dm⁻³ de solo) e pH baixo (4,9). A saturação por bases é extremamente baixa (3,5%), o que o identifica como um solo distrófico, com saturação por alumínio de 72,4%. A textura do solo da Mata Semidecídua é argilo-siltosa e a do Cerrado *Stricto Sensu* é muito argilosa.

A caracterização físico-hídrica ([Tabela 3](#)) indica que o solo da Mata Semidecídua possui no horizonte superficial (A) porosidade total de 0,615 cm³.cm⁻³ e desta,

0,326 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ é constituída de microporos e 0,289 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ de macroporos. A água disponível total é de 19,03%. Atribui-se essa porosidade total elevada ao teor de matéria orgânica presente (5,57%). O solo do Cerrado *Stricto Sensu* apresentou porosidade total de 0,671 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$, constituída de 0,374 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ de microporos e 0,298 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ de macroporos. A água disponível total é de 9,6%. Nesse solo não existe influência da matéria orgânica já que o teor é relativamente baixo (3,92%), sendo, porém, um solo com boa drenagem. Embora o solo da Mata Semidecídua apresente características físicas favoráveis, na camada superficial, há uma tendência de que a drenagem não seja adequada, haja vista, o alto teor de silte (46,3 g/kg-1) presente no horizonte superficial ([Tabela 1](#)). Outro fator complicador da drenagem deste solo é a composição mineralógica da rocha-mãe. Segundo [Guimarães \(1997\)](#), as rochas daquela região são constituídas de minerais de argila do tipo 2:1. Esses minerais em contato com a umidade se expandem, podendo comprometer a condutividade hidráulica e, conseqüentemente, diminuir a drenagem. Os resultados de condutividade hidráulica dos solos ([Tabela 3](#)) indicam que, no solo eutrófico, à medida que aumenta a profundidade, a condutividade diminui. Esse comportamento indica piores condições de drenagem e explica o acúmulo de matéria orgânica no horizonte superficial. Já no solo distrófico há uma tendência de condutividade hidráulica alta ao longo do perfil. O baixo teor de matéria orgânica presente na superfície desse solo é resultante dessa condição de drenagem.

Tabela 1. Resultados analíticos do perfil do solo eutrófico de Alto Paraíso (14°03'50,3"S e 47°23'51,3"W).

Símbolo do horizonte	Prof. cm	Frações da amostra total		Granulometria da TFSA				Relação silte/argila	PH (1:2,5)	
		TFSA %	A. grossa g.kg ⁻¹	A. fina g.kg ⁻¹	Silte g.kg ⁻¹	Argila g.kg ⁻¹	Água		KCl	
1 A	0-28	100	3,67	16	46,3	34	1,37	6,20	5,57	
2 Bi	28-43	100	3,00	17	43,0	37	1,16	6,00	5,30	
3 BC	43-74	100	4,00	15	41,0	40	1,03	6,20	5,60	
Complexo sortivo cmol _c dm ⁻³			Acidez extraível Cmol _c dm ⁻³		CTC cmol _c dm ⁻³	V (%)	m (%)	M O (%)	P mg.dm ⁻³	
Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺						
1 14,77	0,85	15,62	0,02	3,93	19,57	79,81	0,12	5,53	23,10	
2 11,76	0,36	12,12	0,01	3,57	15,70	77,20	0,08	2,73	18,00	
3 11,65	0,44	12,09	0,00	1,50	13,59	88,96	0,00	1,47	9,90	

S = Ca + Mg + Na + K (soma de bases); Al = alumínio trocável; H = hidrogênio; T = CTC = S + H + AL (Capacidade de Troca Catiônica); V = S/T x 100 (saturação por bases); m = Al/S + Al x 100.

Tabela 2. Resultados do perfil do solo distrófico da Fazenda Água Limpa (15°58'07"S e 47°55'50"W).

Símbolo do horizonte	Prof. cm	Frações da amostra total			Granulometria da TFSA			Argila natural g.kg ¹	Grau flocculação (%)	Relação silte/argila	
		Argila dispersa			Areia grossa g.kg ¹	Areia fina g.kg ¹	Silte g.kg ¹				Argila g.kg ¹
1 A	0-17	68			3	15	16	66	45	32	0,24
2 AB	17-28	78			1	13	17	69	54	22	0,25
3 BA	28-44	78			2	11	14	73	57	22	0,19
4 Bw1	44-88	0			2	13	10	75	0	100	0,13
5 Bw2	88-164	0			3	12	10	75	0	100	0,13
6 Bw3	164 +	4			2	12	13	73	3	96	0,18

PH (1:2,5) Água	Complexo sortivo cmol _c .dm ³			Acidez extraível cmol _c .dm ³		CTC cmol _c .dm ³	V (%)	m (%)	M O (%)	P mg.dm ³
	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺					
1 4,90	0,18	0,095	0,27	0,72	6,84	7,83	3,45	72,72	3,92	0,55
2 5,20	0,17	0,061	0,23	0,40	5,78	6,41	3,59	63,49	3,04	0,22
3 5,50	0,17	0,025	0,20	0,09	3,37	3,66	5,46	31,03	2,06	0,14
4 5,40	0,15	0,007	0,16	0,02	1,94	2,12	7,54	11,11	1,44	0,01
5 5,60	0,15	0,005	0,15	0,00	1,19	1,34	11,19	0,00	1,19	0,01
6 5,70	0,14	0,005	0,14	0,00	1,19	1,33	10,52	0,00	1,19	0,01

S = Ca + Mg + Na + K (soma de bases); Al = alumínio trocável; H = hidrogênio; T = CTC = S + H + AL (Capacidade de Troca Catiônica); V = S/T x100 (saturação por bases) ; m = Al/.

Tabela 3. Características físico-hídricas dos solos das comunidades vegetais.

Solo	Prof. (cm) amostragem	Macroporos (cm ³ .cm ⁻³)	Microporos (cm ³ .cm ⁻³)	Porosidade total (cm ³ .cm ⁻³)	Água disponível total %	Condutividade hidráulica (cm/s)
Alto						
Paraíso (eutrófico)	0	0,2887	0,3264	0,6151	19,03	2,60x10 ⁻²
	10-15	0,2287	0,2921	0,5208	11,89	1,15x10 ⁻²
	30-35	0,1686	0,2880	0,4566	10,84	6,75x10 ⁻⁵
FAL						
(distrófico)	0-17	0,2976	0,3741	0,6717	9,67	4,49x10 ⁻³
	17-28	0,2276	0,3950	0,6226	8,96	

Colonização micorrízica nas comunidades vegetais

A porcentagem de colonização micorrízica nas amostras diferiu significativamente entre as duas áreas ([Tabelas 4 e 5](#)), conforme o resultado do teste Kolmogorov-Smirnov a 1% de significância (DN = 0,567 e K-S = 2,195). A colonização média na área com solo distrófico da Fazenda Água Limpa (16,6%) foi o dobro da observada na área com solo eutrófico de Alto Paraíso (8,3%).

Observou-se que, na Mata Semidecídua, maior número de amostras mostrou porcentagens de colonização micorrízica na faixa entre zero e 3% ([Figura 1](#)). Na faixa entre zero e 15% de colonização, foram encontrados 25 dos 30 pontos amostrados, sendo que em duas das amostras analisadas não se observou colonização radicular. Não ocorreram, para essa comunidade, porcentagens de colonização nas três últimas classes de frequência, ou seja, acima de 25% de colonização micorrízica. A maior colonização observada foi de 23%.

Já no Cerrado *Stricto Sensu* as porcentagens de colonização nos pontos amostrados distribuíram-se de forma normal e, em todas as amostras, foram encontradas raízes colonizadas ([Figura 1](#)). Apenas na faixa entre 21% e 24% não se observou colonização. As colonizações entre os valores de 15% a 20% ocorreram com maior frequência, sendo que 25 dos pontos amostrados concentraram-se na faixa de 6% a 21%, com maior colonização de 31%.

Tabela 4. Resultados das análises químicas, físicas e colonização micorrízica do solo amostrado na camada de 0 a 20 cm na Mata Semidecídua de Alto Paraíso.

Amostra nº	Umidade %	pH H ₂ O	Al ⁺⁺⁺ (cmol/dm ³)	Ca ⁺⁺ (cmol/dm ³)	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (cmol/dm ³)	K (cmol/dm ³)	P (mg/dm ³)	Argila g.kg ⁻¹	Silte g.kg ⁻¹	Areia grossa g.kg ⁻¹	Areia fina g.kg ⁻¹	Colonização %
1	30,8	5,7	0,06	11,2	12,9	0,49	2,6	29	43	9	19	0
2	28,3	5,9	0,01	10,6	12,6	0,59	1,7	29	49	7	15	19
3	35,7	5,9	0,02	11,8	13,8	0,31	2,5	32	43	8	17	21
4	39,8	6,1	0,00	12,7	17,5	0,67	3,2	33	40	4	23	23
5	39,4	6,1	0,01	9,6	13,1	0,49	3,2	35	41	5	19	10
6	42,6	6,5	0,00	17,2	18,9	0,51	34	30	46	5	19	14
7	31,9	6,3	0,00	12,0	14,1	0,36	7,3	32	46	6	16	19
8	36,1	6,5	0,00	14,3	15,4	0,61	3,3	25	50	6	15	10
9	37,6	6,3	0,02	12,8	15,4	0,05	1,6	30	44	6	20	9
10	32,9	6,3	0,01	9,5	12,9	0,06	1,9	32	45	5	18	6
11	34,5	6,5	0,01	12,4	16,8	0,07	21,2	31	45	7	17	11
12	40,3	6,5	0,00	15,8	18,1	0,08	52,6	31	47	9	13	22
13	25,5	7,4	0,00	16,0	18,5	0,04	209,2	25	49	11	15	7
14	25,6	7,4	0,00	19,4	20,6	0,04	33,2	29	46	6	19	3
15	36,4	7,0	0,00	11,3	14,8	0,07	8,5	31	48	6	15	1
16	23,9	6,7	0,00	13,5	15,0	0,03	2,0	31	46	7	16	3
17	30,2	6,6	0,00	13,4	15,9	0,08	30,2	31	46	6	17	6

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Amostra nº	Umidade %	pH H ₂ O	Al ⁺⁺⁺ (cmol/dm ³)	Ca ⁺⁺ (cmol/dm ³)	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (cmol/dm ³)	K (cmol/dm ³)	P (mg/dm ³)	Argila g.kg ⁻¹	Silte g.kg ⁻¹	Areia grossa g.kg ⁻¹	Areia fina g.kg ⁻¹	Colonização %
18	20,3	6,7	0,00	15,5	16,5	0,08	27,0	31	45	7	17	4
19	40,6	6,5	0,00	10,4	13,4	0,04	3,7	33	49	4	14	4
20	36,1	6,4	0,00	11,4	14,2	0,07	5,1	34	48	4	14	5
21	35,6	6,4	0,00	9,0	10,7	0,04	2,2	29	49	6	16	6
22	39,0	7,2	0,00	17,1	18,0	0,05	13,5	30	50	7	13	14
23	33,9	7,1	0,00	13,2	15,3	0,08	22,4	30	48	4	18	14
24	47,4	6,8	0,00	14,8	17,3	0,10	68,2	31	46	5	18	8
25	37,0	6,7	0,00	14,1	16,1	0,08	62,7	32	46	5	17	3
26	34,9	6,8	0,00	9,5	11,7	0,10	20,4	34	47	6	13	2
27	30,5	6,7	0,00	14,7	16,4	0,06	16,5	32	48	5	15	1
28	11,7	6,5	0,00	13,3	15,4	0,06	5,3	32	49	5	14	0
29	38,5	6,7	0,00	13,1	17,7	0,09	6,2	29	49	7	15	1
30	38,4	6,5	0,00	12,4	14,52	0,04	4,8	31	44	8	17	3

Tabela 5. Resultados das análises químicas, físicas e colonização micorrizica do solo amostrado na camada de 0 a 20 cm no Cerrado *Stricto Sensu* da Fazenda Água Limpa.

Amostra nº	Umidade %	pH H ₂ O	Al ⁺⁺⁺ (cmol/dm ³)	Ca ⁺⁺ (cmol/dm ³)	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (cmol/dm ³)	K (cmol/dm ³)	P (mg/dm ³)	Argila g.kg ⁻¹	Silte g.kg ⁻¹	Areia grossa g.kg ⁻¹	Areia fina g.kg ⁻¹	Colonização %
1	33,6	5,8	0,58	0,23	0,33	0,10	0,3	75	14	2	9	28
2	32,0	4,9	0,99	0,19	0,37	0,10	0,5	72	12	2	14	18
3	34,6	5,4	0,19	0,2	0,26	0,04	0,1	71	15	3	11	6
4	28,6	5,2	0,33	0,19	0,28	0,08	0,3	72	16	2	10	9
5	36,7	5,2	0,53	0,19	0,30	0,08	0,1	72	16	2	10	13
6	28,4	5,1	1,04	0,18	0,30	0,09	0,2	72	14	2	12	14
7	35,5	5,1	0,53	0,18	0,28	0,08	0,3	73	15	2	10	21
8	32,8	5,1	0,44	0,18	0,24	0,07	0,4	73	14	3	10	18
9	31,1	5,1	0,53	0,17	0,25	0,08	0,2	75	13	1	11	17
10	30,6	4,9	0,91	0,18	0,25	0,06	0,1	73	15	2	10	13
11	35,5	5,2	0,43	0,17	0,26	0,06	0,3	74	15	2	9	15
12	36,6	5,1	0,33	0,16	0,23	0,07	0,1	76	14	2	8	31
13	35,8	5,2	0,42	0,18	0,27	0,07	0,1	75	14	3	8	17
14	34,9	5,2	0,40	0,16	0,26	0,07	0,01	75	15	2	8	14
15	30,3	5,0	0,59	0,16	0,27	0,08	0,2	74	13	2	11	12
16	35,6	5,3	0,35	0,16	0,26	0,06	0,1	76	14	3	7	10
17	35,8	5,1	0,46	0,16	0,24	0,07	0,5	72	16	2	10	10

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Amostra nº	Umidade %	pH H ₂ O	Al ⁺⁺⁺ (cmol/dm ³)	Ca ⁺⁺ (cmol/dm ³)	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (cmol/dm ³)	K (cmol/dm ³)	P (mg/dm ³)	Argila g.kg ⁻¹	Silte g.kg ⁻¹	Areia grossa g.kg ⁻¹	Areia fina g.kg ⁻¹	Colonização %
18	34,8	5,2	0,56	0,18	0,26	0,09	0,2	73	15	2	10	13
19	36,5	5,0	0,43	0,18	0,25	0,07	0,2	72	16	2	10	16
20	35,5	5,2	0,28	0,18	0,30	0,07	0,01	71	16	2	11	4
21	28,2	5,0	0,50	0,18	0,25	0,07	0,1	73	16	3	8	25
22	32,8	5,0	0,56	0,18	0,25	0,08	0,3	74	14	2	10	9
23	30,7	5,2	0,58	0,19	0,26	0,07	0,2	75	12	2	11	27
24	33,2	5,0	0,42	0,18	0,25	0,08	0,2	75	13	3	9	16
25	31,0	5,0	0,64	0,18	0,29	0,10	0,2	71	14	3	12	19
26	31,8	5,0	0,47	0,18	0,25	0,08	0,1	75	13	2	10	9
27	30,4	5,0	0,49	0,18	0,26	0,08	0,3	71	16	3	10	20
28	30,3	5,1	0,53	0,17	0,26	0,08	0,4	72	15	3	10	29
29	34,0	5,1	0,58	0,18	0,26	0,09	0,3	73	14	3	10	27
30	32,6	5,0	0,63	0,18	0,28	0,09	0,2	74	14	3	9	17

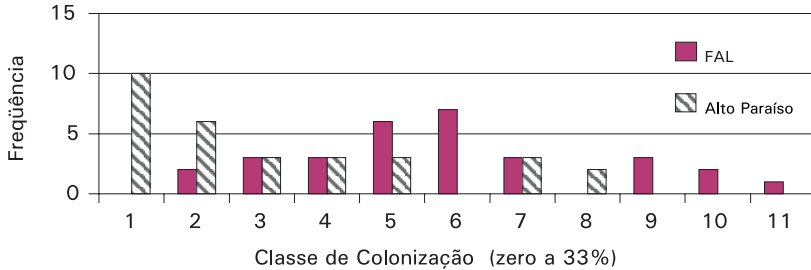


Figura 1. Distribuição da freqüência das porcentagens de colonização micorrízica nas 30 amostras coletadas em cada uma das comunidades vegetais. Cada classe corresponde a 3% de colonização, isto é, classe 1 = zero a 3%; classe 2 = 3% a 6% e assim sucessivamente.

Os valores médios de colonização micorrízica aqui encontrados assemelham-se aos obtidos por [Moyersoen et al. \(1998\)](#) e [Onguene e Kuyper \(2001\)](#). Ambos os estudos foram realizados em florestas tropicais úmidas africanas. No primeiro trabalho, obtiveram-se valores em torno de 60% de colonização por ectomicorrizas e inferiores a 30% para as micorrizas arbusculares. [Onguene e Kuyper \(2001\)](#), em outra área, avaliaram a colonização em 100 espécies arbóreas, encontrando em 75 delas porcentagens de colonização inferiores a 25% para micorrizas arbusculares e superiores a 75% para ectomicorrizas. Levantamento feito em uma floresta no Estado do Paraná, sul do Brasil, apresentou porcentagens de colonização em plântulas de 36 espécies arbóreas variando de 2,2% a 55,5% conforme o estágio sucessional ao qual pertenciam ([ZANGARO et al., 2000](#)).

A avaliação da colonização micorrízica em plantas nativas do Bioma Cerrado em seu habitat feita por [Reis \(1999\)](#), entretanto, revelou valores bem maiores do que os encontrados aqui. A autora encontrou, em média, 69,8% de colonização para *Dalbergia miscolobium*, 68,4% para *Solanum lycocarpum*, 61,7% para *Chamaecrista rotundifolia* e 48% para *Miconia albicans*. Esses resultados sugerem que estudos posteriores com espécies individuais nas duas comunidades amostradas neste trabalho são necessários. Os resultados desses estudos podem contribuir para o conhecimento de espécies mais responsivas às micorrizas.

A grande variabilidade observada na colonização micorrízica dentro de cada comunidade, notadamente na da Mata Semidecídua, também foi observada nas

características dos solos. A grande porcentagem de silte (46,3% no horizonte A) no solo da Mata Semidecídua é indicativa de um processo pedogenético intenso, sendo este um solo jovem e, portanto, com maior tendência a originar mosaicos de características químicas e físicas. Já o solo do Cerrado *Stricto Sensu*, pedogeneticamente é mais antigo, o que pode ser confirmado pelo alto teor de argila (66%) e, portanto, possui maior tendência à homogeneidade.

As características hídricas dos solos revelam que o solo eutrófico tende à drenagem deficiente ao longo do perfil ([Tabela 3](#)). No período de chuvas, é possível que ocorra excesso de umidade nas camadas mais superficiais do solo, comprometendo a aeração. Esta, quando inadequada, é prejudicial aos fungos micorrízicos ([CORREIA, 1995](#)). Neste estudo, as colonizações micorrízicas foram avaliadas nas raízes coletadas no período chuvoso e pode ter havido, portanto, alguma influência da alta umidade sobre a atividade dos fungos.

A disponibilidade de nutrientes no solo pode determinar a importância da presença de inóculos e fungos micorrízicos em diferentes ecossistemas ([ZANGARO et al., 2000](#)). As características de um ambiente eutrófico (alto conteúdo de nutrientes no solo, baixo requerimento mineral pelas plantas, crescimento lento e sombreamento) podem influenciar a adaptação das plantas e permitir que se desenvolvam na presença de poucas quantidades de fungos micorrízicos.

A importância das micorrizas em condições edáficas estressantes é conhecida há alguns anos ([READ et al., 1976](#); [SIEVERDING, 1991](#)). Nos solos tropicais deficiências nutricionais e hídricas são constantes, e supõe-se que a sustentabilidade desses ecossistemas é dependente das micorrizas.

A natureza da simbiose, por sua vez, evidencia que, em condições de boa disponibilidade nutricional e hídrica, as micorrizas não são tão importantes do ponto de vista nutricional, podendo ser até desfavoráveis para as plantas. O consumo pelos fungos de cerca de 10% a 20% do carbono transportado para as raízes ([FITTER, 1991](#); [JEFFRIES; DODD, 1994](#)), nessas condições, eleva a relação custo-benefício da colonização.

Nem sempre diferenças nas características dos solos, somente, podem indicar variações no comportamento dos fungos micorrízicos. Variações texturais e de fertilidade podem não explicar as diferenças observadas. Nesse sentido, [Diop](#)

[et al. \(1994\)](#) demonstraram, com seus estudos, que a colonização micorrízica de *Acacia albida* Del. não foi significativamente diferente em áreas com solos de características diferentes no Senegal. Alguns autores ([DIAGNE et al., 2001](#)) chegam a afirmar que as condições do solo não afetam o nível de colonização micorrízica. Esses autores indicam que as diferenças entre os resultados de colonização micorrízica estão associados aos gêneros e às espécies das plantas estudadas.

Foram identificados quatro morfotipos de fungos micorrízicos na comunidade da Mata Semidecídua e seis no Cerrado *Stricto Sensu* ([Tabela 6](#)). Na Mata Semidecídua foram contados 44 esporos/50 mL de solo enquanto no Cerrado *Stricto Sensu* contaram-se 95 esporos/50 mL de solo. [Miranda e Miranda \(1997\)](#) citam para o Distrito Federal a média de 25 esporos/50 mL de solo. Os autores não especificaram, entretanto, a qual ambiente ou tipo de solo se refere esse valor. Já [Martins et al. \(1999\)](#) contaram 260 esporos/50 mL de solo em área de Cerrado natural em amostragem feita no período chuvoso e 181 esporos/50 mL de solo no período seco. No presente trabalho, as coletas foram feitas durante a época seca e com base em apenas uma amostra composta em cada solo.

Observou-se que, apesar de terem sido identificados esporos dos gêneros *Scutellospora* e *Acaulospora* nas duas áreas, o número de esporos desse último na Mata Semidecídua foi muito menor do que o encontrado no Cerrado *Stricto Sensu*. O número de esporos de *Scutellospora* e *Entrophospora* foi o mesmo em ambas as comunidades. [Silveira \(1998\)](#) cita o gênero *Gigaspora* como abundante em solos de pH baixo, o que foi confirmado neste estudo, já que esse gênero não foi identificado no solo da Mata Semidecídua com pH mais elevado.

O solo do Cerrado *Stricto Sensu* apresenta saturação de alumínio no horizonte A bastante elevada (72,4%). Como as amostragens para a identificação das populações de fungos micorrízicos e respectivas contagens de esporos foram feitas na camada de 0 a 20 cm, ou seja, no horizonte A, pode-se considerar que a maior saturação de alumínio no Cerrado *Stricto Sensu* favoreceu as populações de fungos micorrízicos que preferem solos ácidos, em especial, o gênero *Acaulospora*. No estudo de [Porter et al. \(1987\)](#), não foram observados esporos de *Acaulospora laevis* em solo alcalino, assim como isolados dessa espécie foram inaptos para colonizar solos ácidos que receberam calagem. Os autores atribuíram esse comportamento às reduções na germinação dos esporos e no crescimento micelial nesses solos.

Tabela 6. Morfotipos de fungos micorrízicos arbusculares identificados em amostras compostas retiradas nas duas áreas e número de esporos em 50 mL de solo.

Morfotipos de fungos	Número de esporos	
	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>	Mata Semidecídua
<i>Scutellospora</i> spp	5	5
<i>Entrophospora</i> spp	4	4
<i>Acaulospora</i> spp	37	15
<i>Glomus</i> spp	41	20
<i>Gigaspora gigantea</i>	6	0
<i>Gigaspora</i> spp	2	0
Total	95	44

Na comunidade com solo eutrófico, *Acaulospora* apresentou a segunda maior densidade de esporos, confirmando a observação de Bartolome-Esteban e [Schenck \(1994\)](#) de que as diferenças na ocorrência podem ocorrer em isolados da mesma espécie. Os autores concluem, ainda, que o efeito da saturação de alumínio no solo sobre o comportamento de fungos micorrízicos é determinante, pois esse é o elemento que mais contribui para a acidez do solo.

[Sieverding \(1991\)](#) afirma, baseado em levantamentos feitos em diferentes áreas tropicais, inclusive, no Brasil, que a espécie *Entrophospora colombiana* não ocorre em solos com pH acima de 5,5. Obviamente, a população identificada, no presente estudo, como *Entrophospora* spp. não se comporta da mesma forma, já que também foi encontrada no solo da Mata Semidecídua onde o pH variou de 5,7 a 7,4. Em ambas as comunidades, foram encontrados 4 esporos/50 mL de solo. Dados mais conclusivos só poderão ser obtidos da identificação da espécie do fungo e de estudos sobre a sua ecologia.

A preferência do gênero *Glomus* por solos com valores de pH entre 6,0 e 8,0 ([PORTER et al., 1987](#); [SIEVERDING, 1991](#)) não se confirmou no presente estudo. Observaram-se populações de *Glomus* spp. nas duas áreas e com maior número de esporos no solo de pH mais baixo. Em ambas as áreas essas populações predominaram. A dominância do gênero *Glomus* também foi encontrada em levantamentos feitos em áreas com diferentes usos no Senegal ([DUPONNOIS et al., 2001](#)). Naquele estudo, o maior número de esporos foi

desse gênero, assim como foram mais abundantes as estruturas fúngicas deste nas raízes das plantas nativas e nas introduzidas. Os resultados observados no presente trabalho sugerem que estudos sobre a ecologia dos fungos nativos no Bioma Cerrado são fundamentais para que se possa conhecer o verdadeiro potencial de sua utilização.

Além das características químicas do solo também as características físico-hídricas parecem ser importantes na explicação das diferenças observadas entre a densidade de populações micorrízicas nas duas áreas. [Sieverding \(1991\)](#) afirma que as diferenças observadas em savanas naturais na Colômbia podem ser parcialmente explicadas pelas diferenças na textura do solo. Segundo o autor, há uma tendência de menor densidade de propágulos de micorrizas arbusculares em solos arenosos. Os resultados obtidos para as duas comunidades aqui estudadas confirmam essa afirmação, pois o solo do Cerrado *Stricto Sensu* é de textura muito argilosa enquanto o da Mata Semidecídua é franco-argilosa. Entretanto, cabe ressaltar que a fração silte é a que mais contribui para essa diferença de textura ([Tabelas 1 e 2](#)) e não a fração areia.

Embora os esporos de fungos micorrízicos não sejam a principal fonte de propágulos micorrízicos ([BRUNDRETT; ABBOTT, 1994](#)), as diferenças aqui observadas, tanto para a diversidade de tipos quanto para o número de esporos, certamente estão contribuindo para o *status* micorrízico da comunidade vegetal no Cerrado *Stricto Sensu*. Segundo [Silveira \(1998\)](#), a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares está atrelada às condições específicas do ambiente onde ocorrem.

Para [Janos \(1992\)](#), as causas da variabilidade na formação de micorrizas arbusculares, em ambientes naturais tropicais, dividem-se em três níveis. Em grande escala, está associada à dinâmica da sucessão ecológica, já que a mudança na estrutura da comunidade afeta os propágulos micorrízicos. Em escala intermediária, o autor cita a presença de espécies não micorrízicas ou de espécies em estágios de desenvolvimento não micorrízico como dominantes, o que diminuiria a densidade de propágulos. E, em pequena escala, estaria associada à capacidade de as plantas novas explorarem pequenos volumes de solo antes que as micorrizas sejam formadas.

A alta variabilidade espacial no potencial de inóculo de fungos micorrízicos foi estudada por [Brundrett e Abbott \(1994\)](#) numa comunidade florestal esclerófila

na Austrália. Esses autores concluíram que essa variabilidade está associada à agregação que os propágulos dos fungos formam no solo. A distribuição dos padrões de agregação formados pode determinar a alta variabilidade tanto em pequena quanto em maiores escalas.

Nenhum fator isolado do solo explicou a variabilidade na porcentagem de colonização entre as amostras da mesma comunidade ([Figuras 2 e 3](#)). A análise conjunta desses fatores feita por PCA, entretanto, apresentou alguns padrões.

A ordenação das características físico-químicas do solo nos pontos amostrados nas duas áreas ([Figura 4](#)) indicou que o pH e os teores de potássio foram, para ambas as comunidades, os mais correlacionados com a variabilidade dos resultados, haja vista sua proximidade ao eixo x. Nas duas comunidades, os teores de potássio situaram-se no mesmo quadrante (valores negativos de x), enquanto os valores de pH variaram em relação ao eixo y. Na comunidade de Alto Paraíso, o pH situou-se no quadrante negativo de y enquanto na FAL foi no positivo.

Quando a ordenação das colonizações micorrízicas nos 30 pontos foi projetada sobre os gráficos de ordenação das características do solo, observou-se que foram os teores mais elevados de potássio, em ambas as áreas, os mais importantes ([Figura 4](#)). Nas duas comunidades, os pontos associados ao potássio foram os que apresentaram as maiores colonizações micorrízicas. A maior parte dos pontos amostrados na comunidade de Alto Paraíso situou-se sobre o mesmo quadrante que a umidade do solo. Nessas amostras, a umidade do solo apresentou valores altos. As suas porcentagens de colonização micorrízica, entretanto, foram, em geral, as mais baixas.

O aumento na colonização micorrízica em resposta ao teor de K no solo foi verificado em experimentos com plantas cultivadas por [Sieverding \(1991\)](#), assim como o efeito benéfico da aplicação desse nutriente na proliferação de fungos micorrízicos arbusculares (HARINIKUMAR; BAGYARAJ (n.p.) citados por [MUNYANZIZA et al., 1997](#)). A proximidade encontrada, neste trabalho, entre o teor de K e a colonização nas duas áreas sugere que também, em ambientes naturais, o potássio seja limitante para a colonização micorrízica. Cabe ressaltar que os teores de K na Mata Semidecídua são mais elevados do que os do Cerrado *Stricto Sensu*, embora aqueles valores apresentem ampla faixa de variação (12-260 mg.dm⁻³).

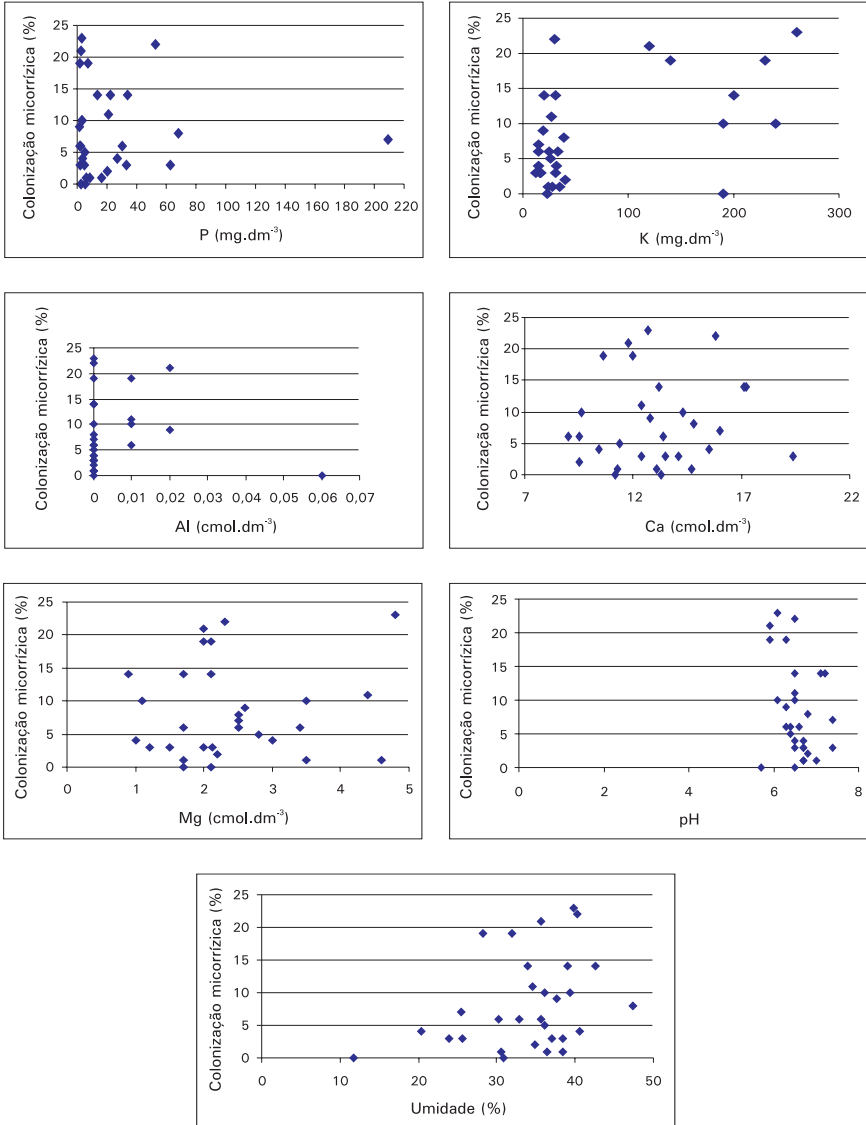


Figura 2. Dispersão dos fatores do solo em relação à porcentagem de colonização micorrizica arbuscular. Amostras coletadas na profundidade de 0 a 20 cm em 30 pontos na Mata Semidecídua de Alto Paraíso.

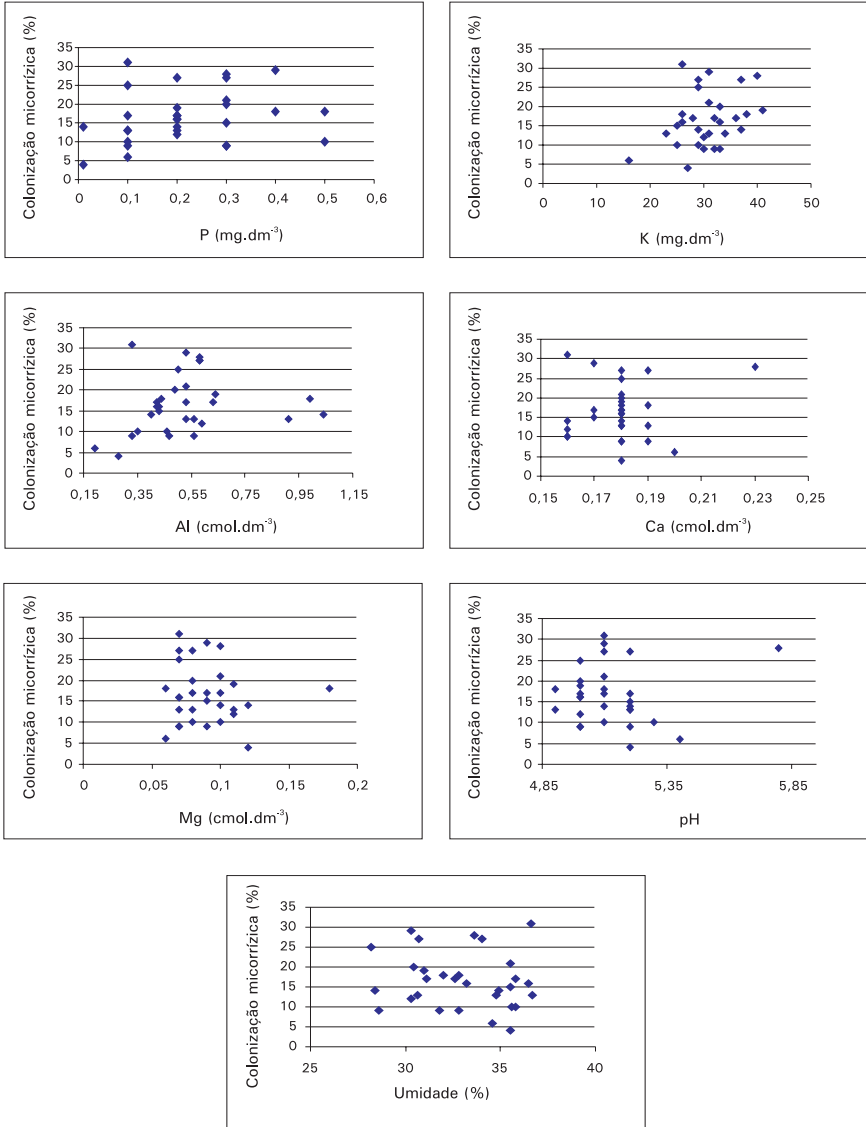


Figura 3. Dispersão dos fatores do solo em relação à colonização micorrizica arbuscular. Amostras coletadas na profundidade de 0 a 20 cm em 30 pontos na comunidade do Cerrado *Stricto Sensu* da Fazenda Água Limpa.

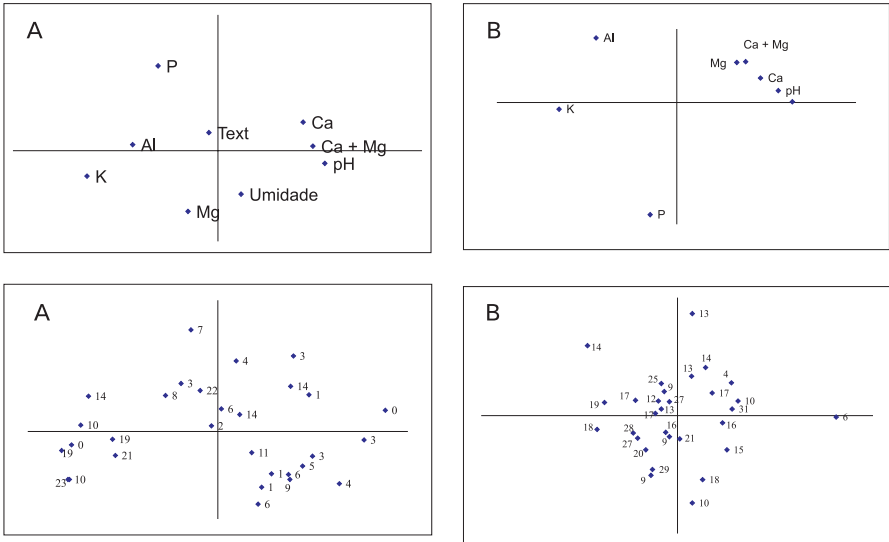


Figura 4. Análise de Componentes Principais de 30 amostras de solo (profundidade de 0 a 20 cm) da comunidade (A) Mata Semidecídua de Alto Paraíso para características químicas e físicas do solo (acima) e porcentagens de colonização (abaixo) e (B) comunidade do Cerrado *Stricto Sensu* da Fazenda Água Limpa para características químicas e físicas do solo (acima) e porcentagens de colonização (abaixo).

As características físico-hídricas do solo, discutidas anteriormente, são indicativas de que pode ter havido uma condição de baixa aeração por efeito do excesso de umidade. Por sua vez, as maiores colonizações não foram associadas às menores umidades do solo. Amostras no período da seca podem contribuir para melhor compreensão da ecologia dos fungos micorrízicos nessa área.

São bastante escassos os estudos sobre a infectividade dos fungos micorrízicos nativos no Bioma Cerrado. Alguns deles utilizaram inóculos isolados em solos com plantas cultivadas e que foram posteriormente inoculados em outras plantas cultivadas (MIRANDA, 1981; SANO, 1984) ou plantas nativas do Bioma Cerrado (MARTINS et al., 1999; REIS, 1999). A utilização de fungos nativos extraídos de ambientes naturais e sua utilização em plantas nativas ainda é pouco documentada (MARTINS et al., 1999). A efetiva utilização dessas populações fúngicas, bem como seu manejo dependem de estudos iniciais como o feito neste trabalho. O conhecimento da ecologia desses fungos é fundamental para que programas com a sua utilização possam obter maior êxito.

Além da diversidade de fungos e do potencial de inóculo, sugere-se que a estrutura e a composição das comunidades vegetais também influenciaram a diferença observada nas porcentagens de colonização das duas comunidades estudadas (Tabelas 7 e 8). Da mesma forma que a diversidade dos fungos micorrízicos afeta a diversidade das comunidades vegetais (FRANCIS: READ, 1994; Van Der HEIJDEN et al., 1998), estas afetam as populações de fungos micorrízicos, assim como as relações simbióticas, produção de micélio extra-radicular e a todos os processos envolvidos na sobrevivência dos fungos. A maior riqueza em espécies arbóreas do Cerrado *Stricto Sensu* (47 espécies) em relação à Mata Semidecídua (26 espécies) deve ter contribuído para a maior colonização da primeira comunidade, já que, potencialmente, possui mais hospedeiros. Além da maior riqueza da comunidade do Cerrado *Stricto Sensu*, observou-se, também, que as comunidades não possuem espécies comuns.

Tabela 7. Espécies de árvores identificadas na Mata Semidecídua.

Espécie	Família
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Leguminosae Mimosoideae
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich. ex DC.	Rubiaceae
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Leguminosae Mimosoideae
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Anacardiaceae
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	Vochysiaceae
<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O. Berg.	Myrtaceae
<i>Casearia rupestris</i> Eichler	Flacourtiaceae
<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae
<i>Dilodendron bipinatum</i> Radlk.	Sapindaceae
<i>Diospyros hispida</i> DC.	Ebenaceae
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	Meliaceae
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	Rubiaceae
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. ex DC.	Bignoniaceae
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	Leguminosae Faboideae
<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.	Sapindaceae
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. Allem	Anacardiaceae
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	Myrtaceae
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	Leguminosae Faboideae
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	Bombacaceae
<i>Spondias</i> sp.	Anacardiaceae
<i>Sterculia striata</i> A. St.-Hil. & Naudin	Sterculiaceae
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. Ex DC.) Standl.	Bignoniaceae
<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Zucc.	Combretaceae
<i>Trichilia clausenii</i> C.DC.	Meliaceae

Tabela 8. Espécies de árvores identificadas no Cerrado *Stricto Sensu*.

Espécie	Família
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	Leguminosae Faboideae
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	Apocynaceae
<i>Austroplenkia populnea</i> (Reissek) Lundel	Celastraceae
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Humb., Bonpl. & Kunth) O. Berg	Myrtaceae
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	Malpighiaceae
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	Malpighiaceae
<i>Caryocar brasiliense</i> A. St.-Hil.	Caryocaraceae
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. ex DC.	Bignoniaceae
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Leguminosae Faboideae
<i>Didymopanax macrocarpon</i> (Cham. & Schltdl.) Seem.	Araliaceae
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Leguminosae Mimosoideae
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F. Macbr.	Leguminosae Mimosoideae
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	Compositae
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott. & Endl.	Bombacaceae
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	Erythroxylaceae
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	Erythroxylaceae
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	Erythroxylaceae
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	Meliaceae
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Apocynaceae
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Leguminosae Caesalpinoideae
<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spreng.) Mart.	Guttiferae
<i>Kielmeyera speciosa</i> (Spreng.) Mart.	Guttiferae
<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	Lythraceae
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Leguminosae Faboideae
<i>Miconia pohliana</i> Cogn.	Melastomataceae
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Myrsinaceae
<i>Duratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	Ochnaceae
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	Compositae
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	Leguminosae Faboideae
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	Vochysiaceae

Continua...

Tabela 8. Continuação.

Espécie	Família
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Vochysiaceae
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae
<i>Rourea induta</i> Planch.	Connaraceae
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel var. <i>subvelutinum</i> Benth.	Leguminosae Caesalpinioideae
<i>Strychnos pseudoquina</i> A. St.-Hil.	Loganiaceae
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Cov.	Leguminosae Mimosoideae
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	Styracaceae
<i>Syagrus comosa</i> (Mart.) Becc.	Palmae
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	Palmae
<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	Palmae
<i>Symplocos rhamnifolia</i> A. DC.	Symplocaceae
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	Bignoniaceae
<i>Vochysia elliptica</i> Mart.	Vochysiaceae
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	Vochysiaceae
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	Vochysiaceae

Apesar de, em áreas de Cerrado *Stricto Sensu*, as espécies lenhosas apresentarem raízes muito profundas (ABDALA et al., 1997), na camada superficial predominam raízes do estrato herbáceo. Na Mata Semidecídua, comparada ao Cerrado, há menor densidade de plantas no estrato herbáceo. Como as raízes amostradas para a contagem de porcentagem de colonização micorrízica foram coletadas na camada de 0 a 20 cm do solo, essa diferença também influenciou os resultados. Grande parte das raízes separadas nas amostras de solo era grossa e lignificada, principalmente, as oriundas da Mata Semidecídua. No Cerrado *Stricto Sensu*, a maior presença de herbáceas e gramíneas favoreceu o maior volume de raízes finas.

Duponnois et al. (2001) testaram a infectividade micorrízica de vários solos no Senegal. Entre os nove tratamentos, as áreas protegidas de pastoreio ou extrativismo de madeira apresentaram solos com as maiores infectividades, à exceção da área de floresta que apresentou infectividade mais baixa. Os autores atribuíram os resultados ao fato de as plantas dominantes serem árvores com sistemas radiculares profundos que contribuem muito pouco para a infectividade micorrízica do solo. A avaliação da colonização micorrízica em plantas nativas

do bioma em seu habitat feita por [Reis \(1999\)](#) revelou valores bem maiores do que os encontrados aqui. Esses resultados sugerem que estudos posteriores com espécies individuais nas duas comunidades amostradas neste trabalho sejam necessários para o conhecimento de espécies mais responsivas às micorrizas e sua utilização em programas de recuperação e recomposição de áreas degradadas.

Para [Siqueira et al. \(1998\)](#), comunidades florestais em que predominam raízes grossas e profundas não podem sustentar boa colonização micorrízica nem diversidade e densidade fúngicas.

Apesar da baixa colonização na Mata Semidecídua, estudos da dependência micorrízica das espécies, individualmente, podem indicar a magnitude da responsividade à inoculação. Para a área com solo distrófico, a maior colonização micorrízica observada pode estar contribuindo para o seu estabelecimento e produtividade.

Nos ecossistemas naturais não perturbados, os fungos formam uma rede micelial permanente, e as plantas são ligadas por uma rede comum de hifas ([HODGE, 2000](#)). Essa rede pode ser importante na transferência de carbono entre plantas vizinhas ([GRAVES et al., 1997](#)), no transporte de fósforo ([MALCOVÁ et al., 1999](#)) e de outros nutrientes ([JEFFRIES; DODD, 1994](#)), além de constituir a principal fonte de inóculo no solo ([HODGE, 2000](#)).

Os estudos acima sustentam a validade de se quantificar a colonização micorrízica em comunidades. Mesmo que não se saiba, individualmente, os valores de colonização em espécies de planta, pelo menos para as mais freqüentes, supõe-se que maior colonização na comunidade, potencialmente, significa maiores benefícios para um significativo número de plantas.

[Fitter e Merryweather \(1992\)](#) sugerem que a ocorrência de colonização micorrízica, em condições de campo, seja uma característica evolutiva das plantas. Essas seriam capazes de regular o nível de colonização micorrízica nas suas raízes em função dos benefícios que recebem. Sugerem, ainda, que as dificuldades experimentais para demonstrar os benefícios que essas plantas obtêm das micorrizas sejam devidas ao fato de esses benefícios serem difusos e expressos irregularmente.

Admitindo-se que a comunidade do Cerrado *Stricto Sensu* apresenta características edáficas que favorecem as associações micorrízicas, a maior colonização encontrada pode ser indicativa da presença de maior número de espécies de plantas micotróficas obrigatórias e/ou facultativas que são altamente responsivas a micorrizas. Uma relação direta entre colonização micorrízica e resposta à micorriza foi encontrada por [Siqueira et al. \(1998\)](#). Neste trabalho, os autores inocularam 28 espécies arbóreas nativas do Sudeste brasileiro e testaram tratamentos com adição e sem adição de fósforo, com o objetivo de identificar a responsividade das espécies à inoculação. Observaram que os efeitos das micorrizas foram maiores no tratamento em que não houve adição de fósforo. Com o mesmo objetivo, [Zangaro et al. \(2000\)](#) inocularam 43 espécies arbóreas nativas do sul brasileiro, cultivadas em solo com baixa fertilidade. As espécies pioneiras apresentaram dependência micorrízica de 90%, sendo a mais alta entre as espécies pertencentes a diferentes grupos sucessionais. Estudos desse tipo trazem grandes contribuições para o conhecimento do comportamento das associações simbióticas e seu potencial emprego no manejo florestal.

Para a comunidade vegetal sobre o solo eutrófico, é possível que a presença de associações micorrízicas seja importante para que as espécies arbóreas possam superar o período de ausência de chuvas, quando o déficit hídrico neste solo for bastante elevado. Por sua vez, como já discutido, no período chuvoso, ocorre a deficiência de drenagem. Apesar de o solo ter fertilidade elevada, hidrologicamente apresenta problemas. Nesse sentido, as micorrizas podem estar desempenhando papel fundamental, ou seja, melhorando as relações hídricas das plantas colonizadas.

Conclusões

1. A comunidade do Cerrado *Stricto Sensu* apresentou maior colonização micorrízica que a comunidade da Mata Semidecídua.
2. As diferenças entre as colonizações micorrízicas arbusculares nas duas áreas foram associadas às diferenças entre as características químicas e físico-hídricas dos solos e da composição e estrutura florística das comunidades.
3. A grande variabilidade nos resultados de colonização dentro de cada comunidade, principalmente na Mata Semidecídua, pode estar associada à variabilidade espacial nas características do solo e ao padrão de distribuição dos propágulos dos fungos micorrízicos.

Referências Bibliográficas

- ABDALA, G. C.; CALDAS, L. S.; HARIDASAN, M.; EITEN, G. Belowground organic matter and root: shoot ration in a cerrado in central Brazil. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 1, p. 36-49, 1997.
- BARTOLOME-ESTEBAN, H.; SCHENCK, N. C. Spore germination and hyphal growth of arbuscular mycorrhizal fungi in relation to soil aluminum saturation. **Mycologia**, Bronx, v. 86, n. 2, p. 217-226, 1994.
- BRUNDRETT, M. C. ; ABBOTT, L. K. Mycorrhizal fungus propagules in the jarrah forest. I. Seasonal study of inoculum levels. **New Phytologist**, New York, v. 127, n. 3, p. 539-546, 1994.
- CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, p. 11-33, 1987.
- CORREIA, C. R. M. A. **Formação de micorrizas e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* em colunas de solo compactado em subsuperfície**. 1995. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- DIAGNE, O.; INGLEBY, K.; DEANS, J. D.; LINDLEY, D. K.; DIAITÉ, I.; NEYRA, M. Mycorrhizal inoculums potential of soils from alley cropping plots in Senegal. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 146, p. 35-43, 2001.
- DIOP, T. A.; GUEYE, M.; DREYFUS, B.; PLECHETTE, C.; STRULLU, D. Indigenous arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Acacia albida* Del. In different areas of Senegal. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, DC, v. 60, n. 9, p. 3433-3436, 1994.
- DUPONNOIS, R.; PLENCHETTE, C.; THIOULOUSE, J.; CADET, P. The mycorrhizal soil infectivity and arbuscular mycorrhizal fungal spore communities in soils of different aged fallows in Senegal. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 17, n. 3, p. 239-251, 2001.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPq. Documentos, 1).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

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

FITTER, A. H.; MERRYWEATHER, J. W. Why are some plants more mycorrhizal than others? An Ecology enquiry. In: READ, D. J.; LEWIS, D. H.; FITTER, A. H.; ALEXANDER, I. J. (Ed.). **Mycorrhizas in ecosystems**. Wallingford: CAB International, 1992. p. 26-36.

FRANCIS, R.; READ, D. J. The contributions of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 159, p.11-25, 1994.

FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 20, p. 68-74, 1994.

FREITAS JÚNIOR, E.; SILVA, E. M. Uso da centrifuga para determinação da curva de retenção de água do solo, em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 1423-1428, 1984.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, New York, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

GRAVES, J. D.; WATKINS, N. K.; FITTER, A. H.; ROBINSON, D.; SCRIMGEOUR, C. Intraspecific transfer of carbon between plants linked by a common mycorrhizal network. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 192, n. 2, p. 153-159, 1997.

GUIMARÃES, E. M. **Estudos da proveniência de diagênese com ênfase na caracterização dos filossilicatos dos grupos Paranoá e Bambuí, na região de Bezerras-Cabeceiras (GO)**. 1997. 269 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília.

HODGE, A. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. **FEMS Microbiology Ecology**, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 91-96, 2000.

JANOS, D. P. Heterogeneity and scale in tropical vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. In: READ, D. J.; LEWIS, D. H.; FITTER, A. H.; ALEXANDER, I. J. (Ed.). **Mycorrhizas in ecosystems**. Wallingford: CAB International, 1992. p. 276-282.

JEFFRIES, P.; DODD, J. C. Functional ecology of mycorrhizal fungi in sustainable soil-plant systems. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON

MYCORRHIZAS, 4., 1994, Granada. **Proceedings...** Brussels: European Commission, 1994. p. 497-501.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, Cambridge, v. 92, p. 486-505, 1989.

MALCOVÁ, R.; VOSÁTKA, M.; ALBRECHTOVÁ, J. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and simulated acid rain on the growth and coexistence of the grasses *Calamagrostis villosa* and *Deschampsia flexuosa*. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 207, p. 45-57, 1999.

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 665-674, 1999.

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. **Revista Brasileira de Ciência e do Solo**, Campinas, v. 5, p.102-105, 1981.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M. A.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa, 1997. p. 69-123.

MOYERSOEN, B.; FITTER, A.; ALEXANDER, I. J. Spatial distribution of ectomycorrhizas and arbuscular mycorrhizas in Korup National Park rain forest, Cameroon, in relation to edaphic parameters. **New Phytologist**, New York, v. 139, n. 2, p. 311-320, 1998.

MUNYANZIZA, E.; KEHRI, H. K.; BAGYARAJ, D. J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics : the role of mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 77-85, 1997.

NOY-MEIR, I.; WALKER, D.; WILLIAMS, W. T. Data transformation in ecological ordination. II. On the meaning of data standardisation. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 63, p. 779-800, 1975.

ONGUENE, N. A.; KUYPER, T. W. Mycorrhizal associations in the rain forest of South Cameroon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 140, p. 277-287, 2001.

- PORTER, W. M.; ROBSON, A. D.; ABBOTT, L. K. Factors controlling the distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in relation to soil pH. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 24, p. 663-672, 1987.
- READ, D. J.; KOUICHEKI, H. K.; HODGSON, J. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in natural vegetation systems. I. The occurrence of infections. **New Phytologist**, New York, v. 77, p. 641-653, 1976.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188 p.
- REIS, M. J. O. **Eficiência micorrízica em plantas nativas do cerrado**. 1999. 130 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília.
- SANO, S. M. Influência de endomicorrizas nativas do cerrado no crescimento de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, p. 25-29, 1984.
- SANTOS, H. G. dos; HOCHMULLER, D. P.; CAVALCANTI, A. C.; REGO, R. S.; KER, J. C.; PANOSO, L. A.; AMARAL, J. A. M. do. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ; Brasília: Embrapa-SPI, 1995. 116 p.
- SCHENCK, N. C.; PEREZ, Y. **Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi**. Flórida: University of Florida, 1987. 248 p.
- SIEVERDING, E. Vesicular-arbuscular mycorrhizae management in tropical agrosystems. Technical cooperation. Federal Republic of Germany, Eschborn. 1991. 371 p.
- SILVEIRA, A. P. D. Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Ed.). **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998. 488 p.
- SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C.; CURI, N.; ROSADO, S. C. S.; DAVIDE, A. C. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 107, p. 241-252, 1998.
- TER BRAAK, C. J. F. **CANOCO**: A Fortran program for canonical community ordination by partial detrended canonical correspondence analysis and redundancy analysis (Version 2.1). Wageningen: GLW, 1988. 95 p. (Technical report: LWA-88-02).
- TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. p. 39-41.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; KLIRONOMOS, J. N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF-ENGEL, R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I. R. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, London, v. 396, p. 69-72, 1998.

TRESEDER, K. K. A meta-analysis of mycorrhizal responses to nitrogen, phosphorus, and atmospheric CO₂ in field studies. **New Phytologist**, New York, v. 164, p. 347-355, 2004.

ZANGARO, W.; BONONI, V. L. R.; TRUFEN, S. B. Mycorrhizal dependency, inoculum potential and habitat preference of native woody species in South Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, New York, v. 16, p. 603-622, 2000.