



**PLÍNIO HENRIQUE OLIVEIRA GOMIDE**

**DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES EM DIFERENTES  
FITOFISIONOMIAS DO PANTANAL DA  
NHECOLÂNDIA, MS**

**LAVRAS - MG**

**2013**

**PLÍNIO HENRIQUE OLIVEIRA GOMIDE**

**DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM  
DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO PANTANAL DA  
NHECOLÂNDIA, MS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Manejo e Conservação do Solo e da Água, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Marx Leandro Naves Silva

Coorientador

Dr. Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares

**LAVRAS - MG**

**2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Gomide, Plínio Henrique Oliveira.

Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia, MS / Plínio Henrique Oliveira Gomide. – Lavras: UFLA, 2013.

128 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Marx Leandro Naves Silva.

Bibliografia.

1. Diversidade de FMAs. 2. Abundância de esporos. 3. Riqueza de espécies. 4. Micorrizas arbusculares. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título

CDD – 631.46

**PLÍNIO HENRIQUE OLIVEIRA GOMIDE**

**DIVERSIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM  
DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DO PANTANAL DA  
NHECOLÂNDIA, MS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Manejo e Conservação do Solo e da Água, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 12 de março de 2013.

Dr. Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares	UFSC
Dr. Evaldo Luis Cardoso	Embrapa Pantanal
Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro	UFLAS
Dr. José Aldo Alves Pereira	UFLA

Dr. Marx Leandro Naves Silva  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2013**

As minhas queridas mães, **Maria Aparecida Oliveira Gomide e Mônica Oliveira Gomide**, por todo apoio, ensinamentos, conselhos, incentivos, compreensão e fé a mim dedicados.

OFEREÇO.

**A Deus,**

por seu amor incondicional, por iluminar meus caminhos e por ter concedido a sabedoria para gozar dos momentos alegres e superar os momentos de dificuldade, abençoando minha vida.

A minha esposa, Danieli Lazarini de Barros e meus filhos, Júlia e João Vitor.

A minha irmã, Ana Lúcia.

Aos meus tios, Nilo Sérgio e Rosana.

Aos meus primos, Gabriel e Isabela.

Ao João Batista da Silva e,

em especial,

a João Batista Gomide (*in memoriam*),

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida, a quem sempre recorremos nos momentos difíceis e devemos agradecer infinitamente na vitória.

A minha família, meu alicerce.

A minha esposa, Danieli Lazarini de Barros, pelo apoio incondicional durante esta jornada, compreensão nos momentos difíceis e pelo amor, carinho e respeito.

Aos meus filhos, Júlia e João Vitor, pelos quais meu amor é infinito e incondicional. AMO VOCÊS!!

Às minhas mães queridas, Mônica e Maria Aparecida, pelos valiosos ensinamentos, exemplo de vida, dedicação, superação e, sobretudo, pelas inúmeras orações que guardam a família.

À minha irmã querida, Ana Lúcia; meu sobrinho, Matheus e meu cunhado, Carlos, pelo apoio, conversas, amizade, confiança e por sempre acreditarem em mim.

A João Batista da Silva, pela amizade, confiança e por todo apoio dado.

A meu tio Nilo Sérgio e minha tia Rosana, pelos quais tenho enorme carinho e respeito.

Aos meus primos Gabriel e Isabela, pelo carinho e por toda a alegria que me proporcionam.

Em especial ao professor Marx Leandro Naves Silva, pela oportunidade concedida, ensinamentos, ideias, orientação e, acima de tudo, pela amizade; ao professor Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares, pela amizade, conversas e conhecimentos transmitidos e ao pesquisador da Embrapa Pantanal, Evaldo Luis Cardoso, além dos professores Marco Aurélio Carbone Carneiro e José Aldo Alves Pereira, pela participação na banca e pelas sugestões que muito contribuíram para a melhoria do trabalho.

Especialmente também a Fernanda de Carvalho e Patrícia Lopes Leal, que contribuíram com sugestões na melhoria do trabalho.

Aos professores José Oswaldo Siqueira e Fatima M. S. Moreira, com os quais tive o privilégio de trabalhar.

Aos funcionários Marlene Aparecida de Souza e, especialmente, ao Manuel Aparecido da Silva, pela valiosa contribuição na execução das análises. Meu amigo, muito obrigado.

A todos os funcionários do Departamento de Ciência do Solo, pelo auxílio, apoio, disponibilidade e ajudas prestadas.

Ao fiel colaborador Rodrigo Magalhães Marques, pela dedicação, entusiasmo e profissionalismo dedicados a este trabalho. Obrigado, meu amigo.

Ao meu grande amigo Bruno Lima Soares, que tanto me acolheu em sua casa, pela valiosa amizade. Muito obrigado, Brunão.

A meu grande amigo Jessé Valentim, pela valiosa amizade, pelas boas conversas. Obrigado, meu amigo!

Ao meu grande amigo Paulo Avelar que, mesmo distante, sempre incentivando, apoiando e dando conselhos. Obrigado, meu amigo!

Aos amigos do Laboratório de Microbiologia do Solo e Conservação do Solo e da Água que, de alguma forma, sempre estiveram dispostos a discutir dúvidas e pontos de vista, além das grandes ajudas e auxílios nos momentos difíceis: Amanda, Bruno Soares, Diego França, Leonardo, Patrícia, Márcia Rufini, Jessé Valentim, Teotonio, Paula, Maíra, Wesley, Rogério, Leandro, Paulo Avelar, Fernanda, Patricia Leal e Silvia.

A todos os meus vizinhos e amigos de Uberlândia.

Aos demais professores, técnicos e colegas do DCS-UFLA.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do doutorado; à Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa; à FUNDECT, pelo financiamento deste estudo e à Embrapa Pantanal.

Aos amigos que, porventura, não tenha mencionado.

**MUITO OBRIGADO !!!**

## RESUMO GERAL

O Pantanal é uma das maiores extensões úmidas contínuas do planeta, caracterizado por estações de seca e cheia, solos de baixa fertilidade, e a principal atividade econômica da região é a pecuária de corte. Contudo, a busca por aumentos de produtividade e maior competitividade dessa atividade tem levado a desmatamentos para a implantação de pastagens, despertando preocupações quanto à sustentabilidade dos sistemas de produção no Pantanal. Nesse contexto, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) desempenham papel fundamental na manutenção dos ecossistemas e sofrem influência de diversos fatores antrópicos, como o uso da terra, que modificam a estrutura e a diversidade das comunidades, podendo comprometer suas funções ecológicas. Considerando a importância ecológica, devido às suas peculiaridades e à riqueza de espécies, no Pantanal muito pouco se conhece sobre a comunidade de FMAs. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a ocorrência e a riqueza de espécies de FMAs em diferentes fitofisionomias e pastagens nativas e sua relação com as características químicas e físicas do solo do Pantanal, na sub-região da Nhecolândia, MS. Para tanto, foi conduzido um estudo em diferentes fitofisionomias, representadas por: floresta semidecídua; cerradão; cerrado/campo cerrado; campo limpo com predominância de *Elionorus muticus*; campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp; borda de baía; vazante e baixadas, e também em pastagens nativas situadas em três diferentes gradientes topográficos, sob pastejo contínuo e vedadas, caracterizadas por predomínio de *Mesosetum chaseae*, *Axonopus purpusii* e *Hymenachne amplexicaulis*. Foram avaliadas a abundância e a riqueza de FMAs, além das características químicas e físicas do solo. Nas fitofisionomias foram verificadas 38 espécies distintas de FMAs. O Cerradão e o Campo Cerrado foram as fitofisionomias que apresentaram maior abundância e riqueza de espécies. Por outro lado, na floresta semidecídua, elas foram baixas. Nestes ambientes, os atributos químicos do solo influenciaram a separação dos ambientes e a ocorrência das espécies de FMAs. Nas pastagens nativas verificaram-se 31 espécies de FMAs. A abundância e a riqueza de espécies de FMAs variaram de acordo com as características físicas do solo, bem como as espécies de pastagens, sendo maior em *Axonopus purpusii* vedada e muito reduzida em *Hymenachne amplexicaulis* vedada e pastejada. O levantamento realizado fornece informações importantes para um melhor conhecimento da biodiversidade do solo no bioma Pantanal, considerado, pela UNESCO, como reserva da biosfera e ecossistema ainda bastante conservado.

Palavras-chave: Pantanal. Fitofisionomias. Pastagens nativas. Fungos micorrízicos arbusculares.

## GENERAL ABSTRACT

The Pantanal is one of the largest expanses continuous humid of the planet, characterized by dry and wet seasons, low fertility soils and its main economic activity is beef cattle. However, the search for increased productivity and greater competitiveness of this activity has led to deforestation for pasture establishment, raising concerns about the sustainability of production systems in the Pantanal. In this context, the arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs) play a fundamental role in maintaining ecosystems and are influenced by various anthropogenic factors such as land use, which modify the structure and diversity of communities, which can compromise its ecological functions. Considering the ecological importance due to its peculiarities and richness species in the Pantanal, very little is known about the community of AMFs. The objective of this study was to evaluate the occurrence and richness species of AMFs in different vegetation types and native pastures and its relation with the physical and chemical characteristics of the Pantanal soil, in the subregion Nhecolândia, MS. Therefore, a study was conducted in different vegetation types, represented by semideciduous forest, cerrado, cerrado/field cerrado; clean field with predominantly *Elionorus muticus*; clean field with predominantly *Axonopus purpusii* and *Andropogon* spp; bay border; ebbing and lowlands, and in native pastures located in three different topographic gradients, under continuous grazing and sealed, characterized by a predominance *Mesosetum chaseae*, *Axonopus purpusii* and *Hymenachne amplexicaulis*. The abundance and richness of AMFs were evaluated, beyond the physical and chemical characteristics of the soil. In vegetation types were observed 38 different AMFs species. The Cerrado and Field Cerrado were vegetation types that presented higher abundance and richness species. In other hand in semideciduous forest were low. In these environments the soil chemical properties influenced the separation of environments and the occurrence of AMFs species. In native pastures was found 31 species of AMFs. The abundance and richness species of AMFs varied according to the physical soil characteristics, as well as the pastures species, higher in *Axonopus purpusii* fenced and very low in *Hymenachne amplexicaulis* fenced and grazed. The survey provides important information for a better understanding of soil biodiversity in the biome Pantanal, considered by UNESCO as a Biosphere reserve and ecosystem still quite conserved.

Keywords: Pantanal. Vegetation types. Native pastures. Arbuscular mycorrhizal fungi.

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1</b> .....	12
<b>1</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
<b>1.1</b>	<b>Bioma Pantanal</b> .....	12
<b>1.1.1</b>	<b>Pantanal da Nhecolândia</b> .....	14
<b>1.2</b>	<b>Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)</b> .....	17
<b>1.2.1</b>	<b>Taxonomia dos FMAs</b> .....	19
<b>1.2.2</b>	<b>Riqueza e abundância de FMAs</b> .....	24
<b>1.2.3</b>	<b>Atributos do solo na ocorrência dos FMAs</b> .....	28
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	33
	<b>CAPÍTULO 2 Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes fitofisionomias no pantanal da Nhecolândia, MS</b> .....	44
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	47
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	50
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	59
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	76
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	77
	<b>CAPÍTULO 3 Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em pastagens nativas no pantanal da Nhecolândia, MS</b> .....	86
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	88
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	91
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	100
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	115
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	116
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	118

## CAPÍTULO 1

### 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 1.1 Bioma Pantanal

Considerado uma das maiores extensões úmidas do planeta, o Pantanal, localizado no centro da América do Sul, aproximadamente entre os paralelos 16° e 22° de latitude Sul e os meridianos 55° e 58° de longitude a Oeste de Greenwich, é onde se desenvolvem fauna e flora de rara beleza e diversidade (BRASIL, 1982).

O Pantanal é um ecossistema constituído por diferentes unidades de paisagem, alagada em sua maior parte, com 250.000 km<sup>2</sup> de extensão, abrangendo os territórios do Brasil, norte do Paraguai e leste da Bolívia (GODÓI FILHO, 1986). No Brasil, o bioma Pantanal alcança uma área de, aproximadamente, 140.000 km<sup>2</sup>, com 35% de sua área localizada no sul do Mato Grosso e 65% no noroeste de Mato Grosso do Sul. Caracterizado como uma imensa planície sedimentar contínua, o Pantanal, formado há milhares de anos com o soerguimento da Cordilheira dos Andes, apresenta baixas declividades de leste para oeste (30 a 50 cm km<sup>-1</sup>) e menores ainda de norte para o sul (3 a 15 cm km<sup>-1</sup>) (BRASIL, 1982). O bioma pantanal é integrante da bacia do rio Paraguai, com altitude variando entre 80 a 170 m. A precipitação média é de 800 a 1.200 mm, a temperatura média anual é de 26 °C e o comportamento hidrológico é influenciado por eventos climáticos locais e regionais (GODÓI FILHO, 1986), com inundações periódicas.

Os períodos de precipitação ocorrem de outubro a março e podem ocasionar inundações devido ao transbordamento dos corpos d'água. Ao norte do Pantanal ocorrem cheias durante o período de janeiro a março, atingindo o sul de

abril a junho, e a inundação máxima ocorre no início de fevereiro, na região norte e no final de junho, na região sul, dificultando o escoamento (HAMILTON; SIPPEL; MELACK, 1996). O ciclo de seca e inundação, também chamado de pulso de inundação (JUNK; SILVA, 1995), é um dos fatores que regem a biodiversidade do Pantanal.

O pulso de inundação constitui um fenômeno ecológico limitado no espaço e no tempo, diferenciado quanto à intensidade, à duração e à profundidade (SANTOS, 2001), podendo ocorrer devido ao acúmulo de águas pluviais ou pelo aporte de água proveniente do planalto adjacente, que é maximizada pelo lento escoamento superficial dos cursos d'água que extravasam pela elevação do lençol freático (SILVA, 1986). Nesse ciclo de inundação periódica, o hidromorfismo é a feição dominante, refletindo a drenagem deficiente, o que influencia as características dos solos do Pantanal.

A maior parte dos solos do Pantanal é formada por solos hidromórficos, aproximadamente 92%, mal drenados e com tendência para inundações periódicas e prolongadas (CUNHA, 1981). Há, ainda, solos arenosos de baixa fertilidade natural (CARDOSO et al., 2011). Por sua localização em relação à América do Sul, o intercâmbio entre elementos da Floresta Amazônica, Cerrado, Chaco e Mata Atlântica favorece a diversidade da fauna e flora do Pantanal (ADÁMOLI, 1995). A unidade fitogeográfica mais extensa no Pantanal é representada pelas Savanas ou Cerrados, abrangendo áreas do Pantanal Leste, Nordeste e Sudeste, em direção ao Centro-Oeste. A Floresta Tropical Amazônica exerce influência nas unidades ao norte e ao noroeste do Pantanal, contemplando padrões de florestas decíduas e semidecíduas; a sudeste, recebe influência da Mata Atlântica e a sudoeste, ao sul do Chaco (Savana Estépica), que vem do leste boliviano e do noroeste paraguaio (ADÁMOLI, 1982). Desse modo, a vegetação é bastante diversificada, sendo os mosaicos de diferentes formações vegetacionais ordenados pelos gradientes topográficos, destacando-se

a mata, o cerradão e o cerrado em cordilheiras (cordões arenosos); o campo com gramíneas, o campo com arbustos e o campo cerrado em cotas intermediárias e as plantas aquáticas e palustres, nas partes mais baixas e corpos d'água (POTT, 1988).

A criação extensiva de bovino de corte é a principal atividade econômica do Pantanal, apresentando índices zootécnicos relativamente baixos, decorrente, principalmente, da estacionalidade das pastagens nativas que constituem a alimentação básica desses animais (SANTOS et al., 2002). Em função da grande pressão política, econômica e social pela busca por aumento da produtividade e maior competitividade da pecuária pantaneira, tem ocorrido a introdução de manejos com impactos negativos sobre o ambiente, principalmente os desmatamentos para implantação de pastagens (JUNK; SILVA, 1995), queimadas sistemáticas das mesmas áreas e assoreamento dos rios. Estas atividades têm despertado preocupação quanto à sustentabilidade dos agroecossistemas do Pantanal, tendo em vista que essas ações, de maneira geral, são conduzidas sem considerar as características peculiares dos distintos ambientes que compõem a paisagem e, invariavelmente, concorrem para o desequilíbrio ambiental, e nem sempre resultam em aumentos de produtividade (CARDOSO et al., 2003).

### **1.1.1 Pantanal da Nhecolândia**

Neste ecossistema, marcado pelo regime de inundação periódica, ocorrem interações entre os fatores bióticos e abióticos que resultam em grande heterogeneidade de paisagens dentro do bioma, contribuindo localmente para a existência de diversos pantanais (Figura 1), definidos como onze sub-regiões ou pantanais (SILVA; ABDON, 1998).

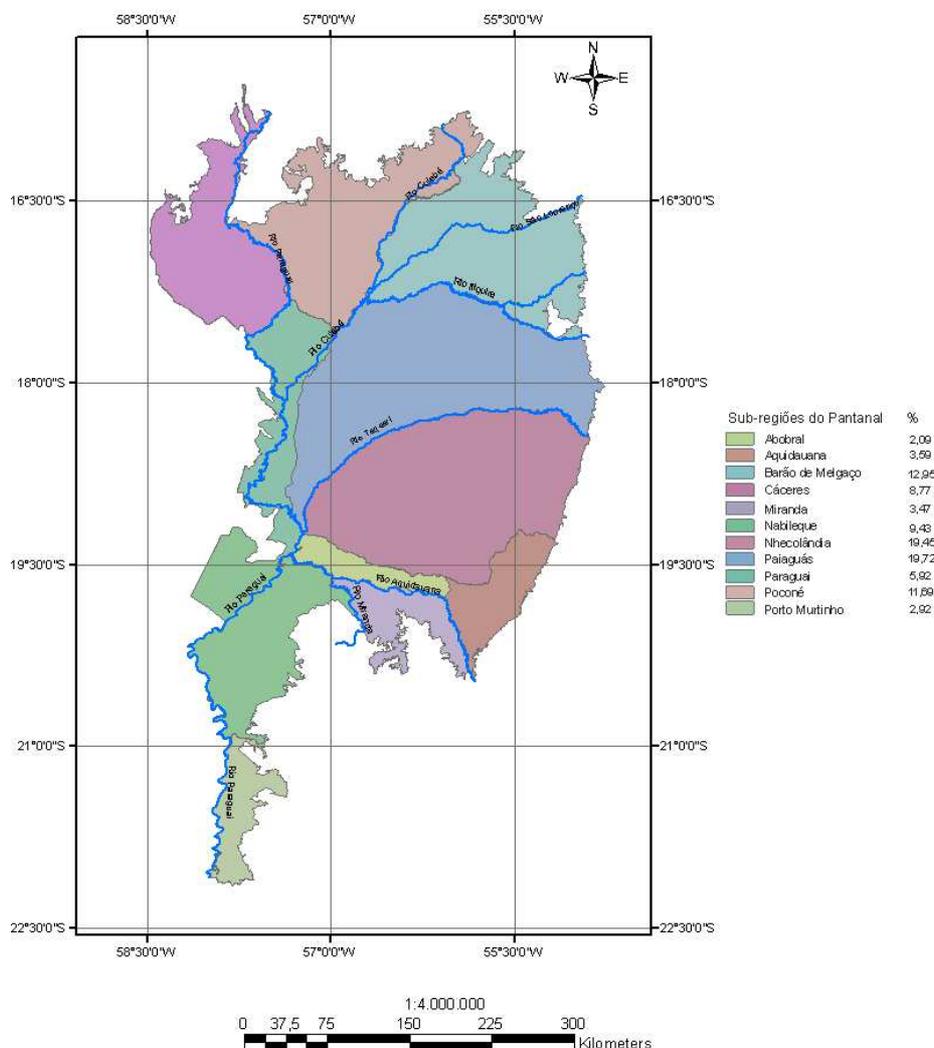


Figura 1 Localização e delimitação das sub-regiões do Pantanal Mato-Grossense  
Fonte: SILVA; ABDON (1998)

Dentre estas sub-regiões, destaca-se a Nhecolândia, que ocupa área aproximada de 26.000 km<sup>2</sup> e é formada por sedimentos quaternários de constituição essencialmente arenosa, resultado dos depósitos aluvionares à margem esquerda do rio Taquari. É limitada, ao norte, pelo Pantanal de

Paiaguás, sendo o rio Taquari o ponto de referência para a separação; ao sul, pelos pantanais de Abobral e Aquidauana, aparecendo o rio Negro como importante marco divisório; a leste, pelo planalto central, atingindo-se o mesmo por meio da serra da Alegria e desembocando na rodovia BR-163, de onde se atinge as cidades de Coxim e Rio Verde de Mato Grosso, e a oeste, pelo rio Paraguai (PANTANAL SUL MATOGROSSENSE, 2011).

A Nhecolândia tem como principal característica um mosaico de lagoas de água doce e salina, entremeadas por cordilheiras com vegetação florestal e, entre estas, corixos e vazantes, marcando corredores de vegetação de cerrado e de campo (RODELA, 2006; CARDOSO, 2008, BAZZO et al., 2012). A sub-região da Nhecolândia é caracterizada como uma ampla planície fluviolacustre, de inundações fraca a mediana, vinculada a cursos fluviais intermitentes e defluentes do rio Taquari, os quais apresentam canais e leitos anastomosados e grande quantidade de lagoas de água doce e salgada (BRASIL, 1982).

O clima é classificado como tropical subúmido (Aw de Köppen), com estações contrastantes ao longo do ano, caracterizadas, principalmente, por estações de chuva (mais de 165 mm/mês) no verão e de seca (menos de 40 mm/mês), ocorrendo meses com precipitação em quantidades intermediárias (40 a 85 mm/mês) (RODELA, 2006). A precipitação pluviométrica anual oscila entre 1.000 e 1.400 mm, com cerca de 80% das chuvas concentradas no verão, principalmente em dezembro e em janeiro. As temperaturas do ar apresentam médias anuais de 26 °C, podendo ocorrer geadas esporadicamente. A altitude varia de 100 a 120 m (RODELA, 2006).

As pastagens nativas nesta sub-região constituem a base alimentar para os grandes herbívoros silvestres e também para os animais domésticos, voltadas para a produção pecuária, principalmente bovinos e equinos, sendo esta uma das mais expressivas regiões criatórias de gado do Brasil. O uso espacial e temporal dessas unidades de vegetação por bovinos é influenciado pelas condições

ambientais, especialmente a precipitação pluviométrica (SANTOS, 2001). As gramíneas palatáveis encontram-se em cotas mais baixas do relevo, em áreas alagáveis, ocorrendo escassez do alimento em condições de cheia extrema e a rebrota dessas forrageiras só acontece depois das águas baixarem nos meses de maio e julho (SANTOS, 2003; SANTOS; CRISPIM; COMASTRI FILHO, 2005).

Dentre as pastagens nativas, *Mesossetum chaseae*, conhecida localmente como grama-do-cerrado, ocorre em cota mais alta do terreno, livre de inundação (exceção a grandes cheias). É considerada pobre em minerais, faz parte da dieta bovina e de outros herbívoros, perene, resistente a solos pobres, apresentando ampla distribuição no Pantanal. Sujeita à inundação ocasional (em posição topográfica ligeiramente inferior a anterior), a pastagem tem predominância de *Axonopus purpusii* (capim-mimoso), uma gramínea pobre em minerais, perene, ocorrendo em manchas de solos arenosos. É altamente palatável, fazendo parte da dieta da fauna pantaneira. A pastagem com predominância de *Hymenachne amplexicaulis* (capim-de-capivara) é sujeita à inundação sazonal com teores mais elevados de proteína (10%-12% de proteína bruta), típica de terrenos pantanosos (SANTOS, 2003; SANTOS; CRISPIM; COMASTRI FILHO, 2005).

## **1.2 Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)**

Dentre os inúmeros organismos que habitam o solo, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), classificados na Ordem Glomerales do recém-proposto Filo Glomeromycota (SCHUSSLER; SCHWARZOTT; WALKER, 2001), são importantes componentes da microbiota do solo, em ecossistemas naturais e agrícolas. Estes organismos estão amplamente distribuídos na maioria dos ecossistemas, desde florestais a desérticos, em regiões tropicais, temperadas e árticas e representam a mais ampla associação

entre plantas e fungos encontradas na natureza (SOUZA; SILVA, 1996). Estes fungos estabelecem relações mutualísticas com aproximadamente 80% das espécies vegetais, agindo como uma extensão do sistema radicular das plantas, contribuindo para uma maior absorção e utilização dos nutrientes do solo (SIQUEIRA; LAMBAIS; STURMER, 2002).

Os FMAs são de ocorrência generalizada, fato que sugere o importante papel desempenhado no desenvolvimento e na manutenção das comunidades vegetais (COLOZZI FILHO; BALOTA, 1994). O papel que estes fungos desempenham na manutenção e na dinâmica dos ecossistemas vegetais é muito importante, principalmente em regiões tropicais, onde a reserva mineral de nutrientes no solo é muito limitada, o que acaba necessitando de uma estrutura biológica bem organizada e eficiente. Segundo Augé et al. (2001), estes fungos apresentam benefícios à comunidade vegetal e ao ambiente, uma vez que fornecem nutrientes e água para as plantas, favorecendo também a agregação e a estabilidade dos solos. Para Siqueira et al. (2007), os efeitos nutricionais são os mais evidentes e consistentes e determinam o caráter biofertilizante dos FMAs que resulta, principalmente, da ação direta do fungo na absorção e na utilização de nutrientes e indireta na fixação biológica de nitrogênio, na mineralização e ou na solubilização de nutrientes da rizosfera e nutrição balanceada.

Os benefícios dos FMAs podem também resultar de efeitos adicionais à melhoria nutricional, como a ação biorreguladora, a qual se relaciona com a produção de substâncias estimulantes de crescimento, melhoria na relação água-planta e alterações bioquímicas e fisiológicas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os FMAs têm também papel biocontrolador quando reduzem a severidade ou amenizam os danos causados por patógenos, atenuam os danos causados por estresses abióticos e promovem a melhoria na agregação do solo. Estes fungos ainda são cruciais para a sustentabilidade dos ecossistemas terrestres, não apenas pela sua presença, mas pela sua diversidade genética e

funcional, pois são importantes tanto para a estrutura da comunidade vegetal quanto para a estrutura do ecossistema (OEHL et al., 2003).

A diversidade microbiana do solo tem sido considerada fator importante na sustentabilidade de ecossistemas. Os microrganismos facilitam o desenvolvimento da estrutura edáfica, contribuem para o controle biológico de patógenos e pragas e controlam a disponibilidade de nutrientes às plantas por meio da mediação dos ciclos biogeoquímicos dos elementos e da melhora das limitações químicas e físicas (TATE; KLEIN, 1985). Por outro lado, os microrganismos, pela sua diversidade e dinâmica, e por estarem continuamente mudando e se adaptando às alterações ambientais, representam indicadores sensíveis as mudanças no solo, oriundas de modificações em seu uso e manejo (KENNEDY; PAPENDICK, 1995) e também no tipo de cobertura vegetal (PRASAD; BASU; BEHERA, 1994).

A participação dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na diversidade e no funcionamento dos ecossistemas tem sido reconhecida principalmente devido ao seu efeito sobre a diversidade de plantas e a produtividade (SOUZA; SILVA; BERBARA, 2008). Vários autores relatam relações positivas entre a diversidade de plantas e a colonização micorrízica (GRIME et al., 1987; VAN DER HEIJDEN et al., 1998). Portanto, a presença de FMAs pode ser essencial para a sustentabilidade dos ecossistemas, o desenvolvimento das plantas e a manutenção da diversidade biológica.

### **1.2.1 Taxonomia dos FMAs**

A classificação dos fungos glomeraleanos mudou drasticamente na última década, especialmente nos anos atuais, pela congruência de aspectos morfológicos e moleculares (STURMER; SIQUEIRA, 2008). A ontogenia dos esporos, juntamente com a estrutura de suas paredes, que pode ser lisa ou

ornamentada, forma a base para a taxonomia e a sistemática desse grupo, baseada na morfologia (MORTON; BENNY, 1990).

A taxonomia é baseada nas características dos esporos, que são os propágulos fúngicos que têm os caracteres morfológicos que definem as espécies (MORTON; BENTIVENGA; BEVER, 1995). Os caracteres morfológicos são cor, tamanho, forma e estrutura da parede, reação ao reagente de Melzer, além da ontogenia dos esporos, como ferramenta para a definição das estruturas subcelulares. A separação de famílias com base nas raízes micorrizadas, porém, é possível quando o padrão de colonização da raiz está bem estabelecido (ABBOTT; GAZEY, 1994).

Schubler, Schwarzott e Walker (2001) utilizaram análise filogenética molecular baseada na sequência da pequena subunidade do RNA ribossomal. Os autores criaram, ainda, quatro novas Ordens, quais sejam, Paraglomerales, Archaeosporales, Diversisporales e Glomerales, bem como novas famílias. Como resultado, os FMAs foram removidos do grupo polifilético Zygomycota e colocados em um grupo monofilético, Glomeromycota, ou seja, um grupo de espécies derivadas de um ancestral comum, contendo todos os organismos que formam associações mutualísticas com as plantas terrestres e pela produção de arbúsculos intrarradiculares altamente ramificados (Sturmer & Siqueira, 2008).

Após a proposta de Schubler, Schwarzott e Walker (2001), a biologia molecular teve participação efetiva na descrição e na proposta de criação de novos táxons, em âmbito genérico. Oehl e Sieverding (2004) propuseram o gênero *Pacispora* para abrigar espécies de *Glomus* caracterizadas por apresentarem uma parede germinativa formada por três camadas. Sieverding e Oehl (2006) revisaram as cinco espécies do gênero *Entrophospora* e propuseram os novos gêneros *Kuklospora* e *Intraspora*. Recentemente, Kaonongbua, Morton, Bever (2010) rejeitaram *Kuklospora* como um gênero válido, visto que o modo de formação de esporo entrofosporoide evoluiu várias vezes e, assim,

representa uma característica convergente. Estes autores transferiram, então, as espécies *Kuklospora colombiana* e *Kuklospora kentinensis* para o gênero *Acaulospora*.

De acordo com esta classificação, a ordem Glomerales contém duas subordens, Glominaeae e Gigasporineae. A subordem Gigasporineae é formada por uma família, Gigasporaceae, que contém os gêneros *Gigaspora* e *Scutellospora*, cujos organismos produzem esporos numa célula bulbo suspensora, formam células auxiliares e têm uma camada permante envolvendo a camada laminar na parede dos esporos. A Subordem Glomineae é formada por duas famílias, Glomaceae, que contém o gênero *Glomus*, e Acaulosporaceae, com os gêneros *Acaulospora* e *Entrophospora*. Os fungos da subordem Glomineae formam hifas cilíndricas com ramificações perpendiculares, formam vesículas dentro das raízes e os esporos têm uma ou mais camadas evanescentes, envolvendo a camada laminar da parede. Morton e Redecker (2001) propuseram duas novas famílias com dois gêneros respectivos, Archaeosporaceae (gênero *Archaeospora*) e Paraglomaceae (gênero *Paraglomus*). Na família Archaeosporaceae, ocorre a formação de um sáculo esporífero prioritariamente ao desenvolvimento dos esporos na lateral (em *Aucalospora*) ou dentro (em *Entrophospora*) da hifa suspensora. Nas duas novas famílias, os esporos são formados em talo da hifa esporógena (*Archaeospora*) ou como em *Glomus*, na Paraglomaceae. Em Gigasporaceae, os esporos são formados individualmente, a partir de uma célula bulbo, por brotação, conforme esquema apresentado na Figura 2.

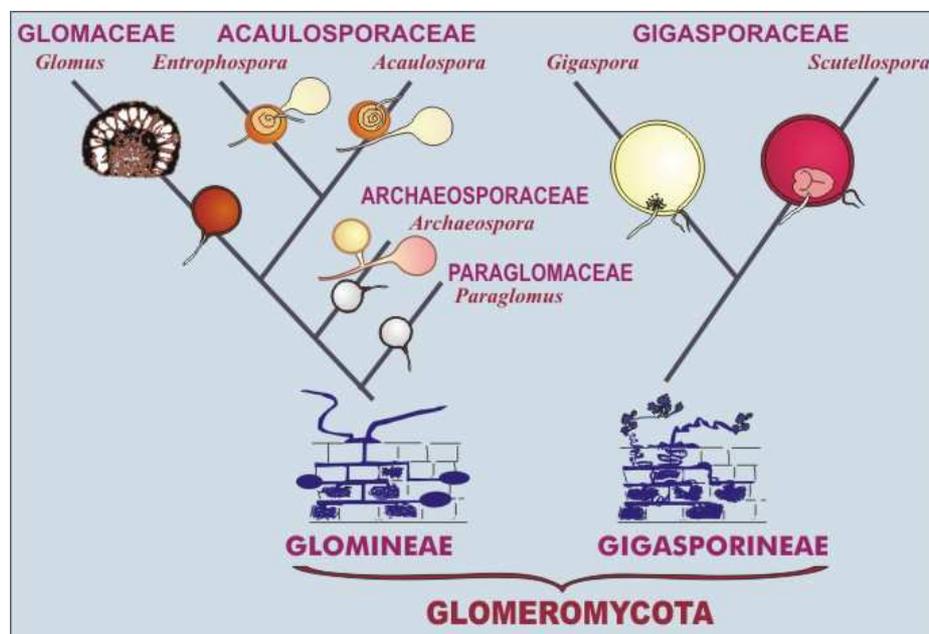


Figura 2 Classificação atual dos fungos micorrízicos arbusculares, indicando as principais características que definem as famílias e os gêneros de Glomerales. Baseado em e modificado de <http://invam.caf.wvu.edu/fungi/taxonomy>. Acesso em 05/01/2013

A taxonomia, por ser uma ciência extremamente dinâmica, passa por mudanças contínuas em sua classificação e nomenclatura. Goto e Maia (2006) propuseram um novo nome para os esporos dos FMAs, que receberam a denominação glomerosporos, visto que constituem um filo separado do Zigomycota. Atualmente, estão catalogadas cerca de 217 espécies de FMAs e, por meio de dados moleculares, essas espécies foram agrupadas no filo Glomeromycota, porém, ainda não existe um consenso acerca dessa nova classificação das Famílias/Gêneros dos FMAs.

Caracteres relacionados com as propriedades da parede dos esporos, tais como espessura, pigmentação, reações histoquímicas, subunidades e ornamentação, podem ser utilizados para a identificação ao nível específico

(BENTIVENGA; MORTON, 1994). Ainda segundo esses autores, a forma e o comprimento das ornamentações das paredes celulares diferem frequentemente, bastante a ponto de separar espécies. Porém, estes caracteres são raramente informativos para separar taxonomicamente gêneros.

Os FMAs são biotróficos obrigatórios, completando seu ciclo de vida apenas na presença de uma planta simbiótica, o que impossibilita seu crescimento em meios sintéticos na ausência de raízes metabolicamente ativas, limitando os estudos de sua biologia e aplicação biotecnológica, comprometendo desse modo para sua aplicação em larga escala (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Aliado a isso, a falta da caracterização da fase sexuada em seu ciclo de vida faz com que a identificação e a classificação destes fungos estejam baseadas, quase que exclusivamente, na morfologia e na estrutura de seus esporos (MORTON, 1993).

A taxonomia destes fungos, baseada na caracterização fenotípica, também é uma dificuldade, uma vez que ela pode ser influenciada por condições ambientais e pelo estágio de desenvolvimento dos esporos, trazendo problemas para a identificação precisa de populações de FMAs oriundas do campo, bem como para o acompanhamento de espécies introduzidas. Além disso, é extremamente difícil distinguir as espécies de FMAs durante a fase simbiótica micelial nos tecidos radiculares (SALLES; SOUZA, 1998).

Evidências recentes indicam que os FMAs são descendentes altamente divergentes de sequências nucleotídicas alélicas que evoluíram assexuadamente em um organismo multinucleado com alta variação genética dentro dos indivíduos (KHUN; HIJRI; SANDERS, 2001). Esse fato pode limitar a busca por um sistema taxonômico correto e apropriado e, dessa forma, representa maior limitação para estudos acurados da diversidade desses fungos (STURMER; SIQUEIRA, 2008).

### 1.2.2 Riqueza e abundância de FMAs

A presença e a identificação dos esporos na rizosfera ou no solo são o método mais comum e mais simples para estimar a abundância e a riqueza específica de FMAs nas comunidades vegetais (STURMER; SIQUEIRA, 2008). A identificação baseada nos esporos é necessária porque os esporos representam o único estágio de desenvolvimento dos fungos que têm os caracteres morfológicos necessários para definir espécies nesse grupo de organismos (MORTON; BENTIVENGA; BEVER, 1995). Há indicações de que a evolução dos FMAs ocorreu nos trópicos, mas sua ocorrência é, atualmente, generalizada nos diversos ecossistemas, sendo considerada uma simbiose universal (PIROZYNSKI, 1981).

A ocorrência dos FMAs é determinada por avaliações quantitativas, como a taxa de colonização micorrízica e a densidade de esporos no solo, assim como as qualitativas, em que a comunidade fúngica é avaliada em nível de gênero e ou de espécie e em termos de abundância ou frequência relativa (SIQUEIRA; KLAUBERG FILHO, 2000). A diversidade de FMAs pode ser determinada analisando-se esporos recolhidos diretamente do campo ou pela técnica de cultura armadilha. Esta técnica pode ser utilizada para superar alguns dos problemas da extração direta de esporos, como, por exemplo, a baixa qualidade dos esporos obtidos para fins taxonômicos, além também de facilitar o isolamento de FMAs (SOUSA; SILVA; BERBARA, 2008). Os esporos são extraídos do solo e caracterizados para a identificação.

O termo diversidade apresenta dois componentes. O primeiro, e fundamental, é o número de espécies ou riqueza de espécies. Este número tem sido relacionado a fatores tais como clima, latitude, produtividade do ecossistema, uso e manejo do solo. O segundo componente é a equitabilidade, que expressa a abundância relativa de espécies, assim como o grau de

dominância de uma espécie em relação a outras (KENNEDY; SMITH, 1995). Estudos de diversidade, comumente, incluem também cálculo de frequência de espécies ocorrentes. A frequência fornece uma medida de espécies raras ou comuns dentro de um ecossistema e isso pode estar relacionado diretamente com a esporulação de fungos (STURMER; BELLEI, 1994).

O tipo de cultivo, o manejo e o impacto do uso do solo, na maioria das vezes, diminuem a riqueza de espécies de FMA. O uso da terra pode levar a alterações do ecossistema, reduzindo o desenvolvimento dos FMAs em até 80% e isto terá consequências para o funcionamento dos agrossistemas (SMITH; READ, 1997). Oehl et al. (2003), avaliando o impacto da intensidade do uso do solo sobre a diversidade de FMAs em agroecossistemas na Europa Central, verificaram que o número de espécie e de esporos de FMAs foi maior nas pastagens e menor em solo com monocultivo de milho. Estes mesmos autores concluíram que o aumento da intensidade de uso do solo correlacionou-se com a diminuição da riqueza de espécies de FMAs e com a seleção preferencial de espécies que colonizaram as raízes lentamente, mas com formação rápida de esporos.

Resultados em relação aos efeitos do revolvimento do solo sobre a colonização e a produção de esporos de FMAs foram relatados por Garcia, Mello e Cassiolato (2004) e Garcia, Mello e Cassiolato (2006), em culturas de feijão e milho, em Latossolo Vermelho do Mato Grosso do Sul e na cultura da soja, em Mato Grosso, por Silva (2004), os quais verificaram que a riqueza de espécies de FMAs relacionou-se positivamente com o tempo de implantação do sistema de cultivo plantio direto. Esses dados evidenciam que o plantio direto modifica o ambiente do solo, tornando-o mais propício à atividade e à diversificação biológica.

Sturmer e Siqueira (2005) avaliaram a diversidade e estrutura de comunidade de FMAs em diferentes sistemas de uso da terra na região do Alto

Solimões. Nesse estudo, foi observada grande abundância de esporos em áreas ocupadas por pastagens, roças, sistemas agroflorestais, capoeira nova e velha e floresta nativa. Deste, 64 morfotipos foram recuperados, dos quais 39% não puderam ser atribuídos a espécies conhecidas. Deste total, o gênero *Glomus* foi o dominante, com 37 espécies de FMAs, seguido de *Acaulospora*, com 16.

Nos ecossistemas brasileiros, um total de 122 espécies de FMAs foi identificado, o que representa, aproximadamente, 56% do número total de espécies (217) formalmente descritas na literatura (STURMER; SIQUEIRA, 2008; SOUZA; SILVA; BERBARA, 2008; SOUZA et al., 2010), indicando que os biomas brasileiros são importantes fontes de diversidade de FMAs (STÜRMER; SIQUEIRA, 2008). Esta riqueza específica de FMAs é relativamente alta, considerando-se que os inventários de FMAs no Brasil estão concentrados em algumas regiões (STÜRMER; SIQUEIRA, 2005), resultando em menos de 46% de todos estados em que há estudos de sua ocorrência. Dentre estes, os estados de São Paulo e Minas Gerais são os que se sobressaem, havendo predomínio em avaliações quantitativas e qualitativas das populações fúngicas, eficiência simbiótica de fungos indígenas, sua sazonalidade e distribuição em função de características climáticas e edáficas, principalmente em ecossistemas naturais (Cerrado, dunas) e agrícolas (banana, café, citrus, cana, feijão, soja, etc.), conforme revisado por Siqueira e Klauberg Filho (2000). Na região sul e em alguns estados do nordeste, há poucos trabalhos e nas regiões norte e centro-oeste, a presença de FMAs tem sido amplamente ignorada.

Desse modo, esforços de pesquisas devem ser feitos para amostrar localizações geográficas no Brasil, incluindo importantes biomas e ecossistemas, tais como a floresta tropical Amazônica, nos quais poucos estudos foram desenvolvidos com esse intuito, enfatizando trabalho recente publicado por Sturmer e Siqueira (2011) e o Pantanal, onde estudos de ecologia e diversidade de FMAs não foram conduzidos (STURMER; SIQUEIRA, 2008). Além desta

desigualdade de estudos entre os estados brasileiros, há também uma desproporção quanto aos ecossistemas estudados, verificando-se uma forte tendência de pesquisas em ecossistemas agrícolas, seguidos por cafeeiro, dunas e áreas degradadas.

Santos e Carrenho (2011) avaliaram a diversidade de FMAs nativos no solo e o grau de micorrização das plantas em uma fomação original de Mata Atlântica e verificaram a ocorrência de 50 espécies de FMAs, distribuídas em cinco gêneros, que são: *Glomus* (31 espécies), *Acaulospora* (10 espécies), *Scutellospora* (6 espécies), *Gigaspora* (duas espécies) e *Paraglomus* (1 espécie). *Glomus* foi o gênero mais abundante, com várias espécies esporocárpicas.

Sturmer e Siqueira (2011), avaliando a riqueza de espécies e abundância de esporos em diferentes sistemas de uso da terra no bioma Amazônico, verificaram a ocorrência de 61 morfotipos, com predomínio de *Acauloporas* e *Glomus*.

Em campo rupestre, Carvalho et al. (2012) avaliaram a ocorrência e a diversidade de espécies de FMAs e sua relação com atributos físico-químicos e diversidade de plantas. Os autores verificaram a ocorrência de 49 espécies de FMAs, pertencentes a 12 gêneros, tendo predominado neste bioma espécies de *Glomus* e *Acaulospora*.

Ferreira, Carneiro e Saggin Junior (2012) avaliaram, no bioma Cerrado, como a interferência antrópica, pelo manejo e a mudança de uso do solo, atua sobre a densidade de esporos e a diversidade dos FMAs, em um Latossolo Vermelho distroférico de Cerrado. Estes autores concluíram que a mudança no uso do solo promove alterações na comunidade de FMAs, podendo a densidade e a diversidade de esporos ser ampliadas, no caso da pastagem, ou reduzidas, no caso de desmatamento.

No bioma Caatinga, Mello et al. (2012) determinaram a infectividade, a riqueza de FMAs e a condição micorrízica da vegetação em área de caatinga não

antropizada, verificando a ocorrência de 16 táxons de FMAs, representados em 7 gêneros, com espécies de *Glomus* dominando neste ambiente.

Sturmer, Sturmer e Pasqualini (2013), avaliando a riqueza de espécies e a estrutura da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em dunas marítimas em Santa Catarina, verificaram a ocorrência de 25 espécies de FMAs, pertencentes a 7 gêneros, sendo a Família Gigasporaceae a de maior ocorrência, seguida da Família Glomeraceae.

Dessa forma, mais esforços de pesquisas devem ser feitos para algumas localizações geográficas no Brasil, representando importantes biomas e ecossistemas, tais como a floresta tropical Amazônica e o Pantanal.

### **1.2.3 Atributos do solo na ocorrência dos FMAs**

Os FMAs são importantes componentes dos ecossistemas, com forte influência sobre a composição da comunidade vegetal e sobre a funcionalidade deste (HART; READER; KLIRONOMOS, 2001; BEVER, 2002). Ao mesmo tempo, sua ocorrência e distribuição são influenciadas por diversos fatores ambientais, dentre os quais se destacam fatores bióticos, espécies de plantas, cobertura vegetal, sistema radicular, nutrição vegetal, ciclo e taxa de crescimento, sistemas de cultivo, alelopatia, exsudação, organismos do solo e fatores abióticos, como pH, disponibilidade de nutrientes, elementos tóxicos (AN et al, 1993), salinidade, textura, agregação do solo, umidade, temperatura, precipitação, poluição do solo, fertilizantes e corretivos, biocidas e práticas culturais e, ainda, contaminação por metais pesados (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Diversos estudos sobre a ecologia dos FMAs vêm, há anos, sendo conduzidos por muitos pesquisadores (LEAL, 2005). Como exemplos, citam-se Day, Sylvia e Collins (1987), que investigaram os efeitos da fertilidade do solo

sobre a densidade de esporos e a distribuição dos FMAs; Koplatak, Deban e Koplatak (1988), estudando o efeito de elevadas temperaturas sobre a colonização micorrízica e a sobrevivência e infectividade dos propágulos de FMAs e Whalley e Germida (1995), os quais verificaram que a compactação do solo afeta a aeração, com prejuízo do desenvolvimento das plantas e redução na atividade da comunidade microbiana no solo.

Santos e Carrenho (2011) verificaram que as propriedades químicas do solo influenciam a estruturação das comunidades dos FMAs. Estes mesmos autores observaram que o teor de fósforo foi negativamente relacionado com número de esporos, fato também observado por Silva (2009). Além do fósforo, o potássio, macronutriente participante do processo fotossintético (MALAVOLTA et al., 1967), parece ter favorecido a proliferação de maior número de espécies de FMAs, o que ocasionou aumento da equabilidade nas comunidades investigadas. Já os micronutrientes ferro e cobre mostraram-se positivamente relacionados com a diversidade de espécies. Estes micronutrientes atuam diretamente sobre os propágulos infectivos, interferindo na micorrização, pois, dependendo da concentração no solo, podem atuar como fungistáticos (HEPPER, 1979). Sabe-se que de 10% a 15% dos compostos orgânicos produzidos pelas plantas são disponibilizados para os micobiontes, exigindo delas aumento da atividade fotossintética (LEVY; KRIKUN, 1980). Desse modo, a maior oferta desses nutrientes na região rizosférica possibilita que a planta suporte este dreno, oferecendo, assim, condições favoráveis para maior número de espécies de FMAs.

O sistema de uso da terra exerce grande influência nos FMAs e várias mudanças impostas no ecossistema pelo homem reduzem o desenvolvimento das micorrizas arbusculares (MAs) em até 80%, o que leva a consequências sérias para a sustentabilidade dos ecossistemas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Nessas situações, há uma alteração considerável no número de propágulos

viáveis, na germinação dos esporos e no crescimento de hifas, afetando sua persistência, sobrevivência e diversidade. A ausência de vegetação e a erosão acentuada do solo reduzem ou, até mesmo, eliminam os FMAs do sistema. Isso se deve ao fato de os FMAs serem biotróficos obrigatórios e, por isso, dependem do carbono fotoassimilado pelas plantas simbióticas para seu desenvolvimento (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Fernandes (2009), avaliando o impacto de usos de um Latossolo Vermelho distroférico de Cerrado sobre a diversidade de FMAs, verificou que quanto maior a intensidade de uso do solo menor a diversidade de FMAs, influenciando o comportamento das espécies vegetais presentes no sistema.

Assis (2011), avaliando a comunidade de FMAs em um Plintossolo háplico de Cerrado submetido a uma cronosequência de uso agrícola, verificou que houve pouco efeito do tempo de uso nas áreas agrícolas e que fatores bióticos, como a presença de plantas e abióticos, como estresses hídricos, promoveram maior alteração na comunidade FMAs.

Ferreira, Carneiro e Saggin Junior (2012), avaliando fungos micorrízicos arbusculares em um Latossolo Vermelho sob manejos e usos no Cerrado, observaram que mudança no uso do solo promove alterações na comunidade de FMAs, podendo a densidade e a diversidade de esporos ser ampliadas, no caso da pastagem, ou reduzidas, no caso de desmatamento.

Em geral, a população dos FMAs é alta nos agrossistemas que englobam, principalmente, uso reduzido de agroquímicos, cultivo mínimo e rotação de culturas (JASPER; ABBOTT; ROBSON, 1989). Essa população natural é também diversificada, podendo ser encontrada em torno de cinco a seis espécies convivendo na mesma rizosfera (BRUNDRETT, 1991). Este mesmo autor verificou que a população de FMAs pode ser reduzida ou inexistente em solos sob pousio ou inundados e nos alterados pela agricultura intensiva ou mineração.

Várias práticas de manejo do solo, como, por exemplo, lavra e rotação de culturas, impactam a comunidade micorrízica, por romper a rede de micélio externo (MCGONIGLE; EVANS; MILLER, 1990), por diminuir a diversidade de espécies (AN et al., 1993) ou por selecionar espécies menos mutualísticas (JOHNSON, 1993).

Avaliando os impactos antrópicos sobre a diversidade e a abundância de esporos de FMAs oriundos de florestas e pastagens tropicais da Nicarágua e da Costa Rica, Picone (2000) encontrou o total de 28 morfotipos de esporos diferentes, tendo a maioria deles sido igual ou mais numerosa em pastagens do que em florestas, assim como a diversidade deles.

Na região do Alto Solimões, Leal (2005) avaliaram a diversidade e a estrutura da comunidade de FMAs, em diferentes sistemas de uso do solo, e observaram que as culturas estabelecidas com solos sob diferentes sistemas de uso (que sofreram interferência antrópica) produziram maior número de esporos do que aquelas estabelecidas com solo de floresta nativa, no qual os fungos apresentaram baixa esporulação, tanto em amostras do campo quanto em culturas armadilhas.

A substituição de ambientes naturais, como florestas, em ambientes agricultáveis, como para cultivo ou pastagem, produz modificações no ecossistema, como diminuição da biodiversidade e das taxas de ciclagem de nutrientes, compactação do solo, erosão e acidificação (SOUZA; SILVA, 1996), bem como alteram os FMAs. Modificações no uso do solo trarão impactos na associação micorrízica (Brundett et al., 1996a), podendo alterar a condição de equilíbrio estabelecida e afetar a persistência e a viabilidade dos propágulos (MASON; MUSOKO; LAST, 1994).

Um aspecto importante a ser ressaltado é o fato de os FMAs serem aeróbios obrigatórios, ou seja, em áreas sujeitas à inundação, como verificado no bioma Pantanal, pode haver redução drástica no número de propágulos destes

fungos que, aliado ao fato de ter solo de baixa fertilidade nestes ambientes, pode dificultar o estabelecimento de plantas micotróficas e exigentes, nutricionalmente, nestes locais.

## REFERÊNCIAS

ABBOTT, L. K.; GAZEY, C. An ecological view of the formation of VA mycorrhizas. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 159, n. 1, p. 69-78, Feb. 1994.

ADÂMOLI, J. O. **Diagnóstico do Pantanal**: características ecológicas e problemas ambientais. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente, 1995.

ADÂMOLI, J. O. Pantanal e suas relações fitogeográficas com o Cerrado: discussão sobre o conceito “Complexo do Pantanal”. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32., 1981, Teresina. **Anais...** Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, 1982. p. 109-119.

AN, Z.-Q. et al. The influence of crop rotation and soil fumigation on a mycorrhizal fungal community associated with soybean. **Mycorrhiza**, New York, v. 3, n. 3, p. 171-182, July 1993.

ASSIS, P. C. R. **Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em um plintossolo háplico de cerrado submetido a uma cronosequência de uso agrícola**. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Goiás, Jataí.

AUGÉ, R. M. et al. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 230, n. 1, p. 87-97, Mar. 2001.

BAZZO, J. C. et al. Aspectos geofísicos e ambientais do Pantanal da Nhecolândia. **Revista de Geografia**, Pernambuco, v. 29, n. 1, p. 141-161, jan. 2012.

BENTIVENGA, S. P.; MORTON, J. B. Systematics of glomalean endomycorrhizal fungi: current views and future directions. In: PLEGER, F. L.; LINDERMAN, R. G. (Ed.). **Mycorrhiza and Plant Health**. Saint Paul: APS Press, 1994. p. 283–308.

BEVER, J. D. Host-specificity of am fungal population growth rates can generate feedback on plant growth. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 244, n. 1-2, p. 281-290, July 2002.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro: Levantamento de Recursos Naturais, 1982.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Levantamento de Recursos Naturais, 1982a.

BRUNDETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advanced Ecological Research**, London, v. 21, p. 171-313, 1991.

CARDOSO, E. L. et al. Efeitos da queima na dinâmica da biomassa da biomassa aérea de um campo nativo no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p.747-752, jul. 2003.

CARDOSO, E. L. et al. Qualidade química e física do solo sob vegetação Arbórea nativa e pastagens no pantanal Sul-mato-grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 613-622, mar. 2011.

CARDOSO, E. L. **Qualidade do solo em sistemas de pastagens cultivada e nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense**. 2008. 166 f. Tese (Pós-Graduação em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, F. de et al. The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 52, p. 9-19, jan. 2012.

COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E. L. Micorrizas arbusculares. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. Cap. 1, p. 383-412. (Documentos, 46).

CUNHA, N. G. **Classificação e fertilidade de solos da planície sedimentar do rio Taquari, Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá: EMBRAPA-UEPAE, 1981. (Circular Técnica, 4).

DAY, L. D.; SYLVIA, D. M.; COLLINS, M. E. Interactions among vesicular-arbuscular mycorrhizal, soil, and landscape positions. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 51, n. 3, p. 635-639, May 1987.

FERNANDES, R. A. **Impacto de usos de um latossolo vermelho de cerrado sobre a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares**. 2009. 88 f. Doutorado (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí.

FERREIRA, D. A.; CARNEIRO, M. A. C.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em um latossolo vermelho sob manejos e usos no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 51-61, jan./fev. 2012.

GARCIA, M. R. L.; MELLO, L. M. M.; CASSIOLATO, A. M. R. Variáveis microbiológicas e produtividade do feijoeiro sob diferentes manejos do solo e calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 1021-1026, out. 2004.

GARCIA, M. R. L.; MELLO, L. M. M.; CASSIOLATO, A. M. R. Microbial biomass, evolved CO<sub>2</sub> C, mycorrhizal colonization, soil fertility and corn yield under different soil management and liming. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, p. 23-28, 2006.

GODOI FILHO, J. D. Aspectos geológicos do Pantanal Mato-Grossense e de sua área de influência. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 1., 1984. Corumbá. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986, p. 63-76.

GOTO, B.T.; MAIA, L. C. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. **Mycotaxon**: an international journal for research on taxonomy and nomenclature of fungi, including lichens, Ithaca, v. 96, p. 129-132, 2006.

GOTO, B.T.; MAIA, L. C. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. **Mycotaxon**: an international journal for research on taxonomy and nomenclature of fungi, including lichens, Ithaca, v. 96, p. 129-132, 2006.

GRIME, J. P. et al. Floristic diversity in a model system using experimental microcosms. **Nature**, London, v. 328, p. 420-422, July 1987.

HAMILTON, S. K.; SIPPEL, S. J.; MELACK, J. M. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. **Archiv fur Hydrobiologie**, Stuttgart, v. 137, n. 1, p. 1-23, 1996.

HART, M. M.; READER, R. J.; KLIRONOMOS, J. N. Life-history strategies of arbuscular mycorrhizal fungi in relation to their successional dynamic. **Mycologia**, New York, v. 93, n. 6, p. 1186-1194, Nov./Dec. 2001.

HEPPER, C. M. **Nutritional and biochemical studies of the fungi involved in vesicular-arbuscular mycorrhiza**. 1979. 252 f. Thesis (Ph.D.) - University of London, London.

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

JOHNSON, N. C. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizae? **Ecological Applications**, Tempe, v. 3, n. 4, p. 749-757, 1993.

JUNK, W. J.; SILVA, C. J. da. Neotropical floodplains: a comparison between the Pantanal of Mato Grosso and large Amazonian river floodplains. In: TUNDISI, J. G.; BUCUDU, C.E.; TUNDISI, T. M. (Ed.). **Limnology in Brasil**. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences, 1995. p. 195-217.

KAONONGBUA, W.; MORTON, J. B.; BEVER, J. D. Taxonomy revision transferring species in *kuklospora* to *Acaulospora* (Glomeromycota) and a description of *Acaulospora colliculosa* sp. nov. from field collected spores. **Mycologia**, New York, v. 102, n. 6, p. 1497-1509, Nov./Dec. 2010.

KENNEDY, A. C.; PAPENDICK, R. I. Microbial characteristics of soil quality. **Journal of Soil and Water Conservation**. Ankeny, v. 50, n. 3, p. 243-248, 1995.

KENNEDY, A. C.; SMITH, K. L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 170, n. 1, p. 75-86, 1995.

KHUN, G.; HIJRI, M.; SANDERS, I. R. Evidence for the evolution of multiple genomes in arbuscular mycorrhizal fungi. **Nature**, London, v. 414, n. 6865, p. 745-748, Dec. 2001.

KLOPATEK, C. C.; DEBANO, L. F.; KLOPATEK, J. M. Effects of simulated fire on vesicular-arbuscular mycorrhizae in pinyon-juniper woodland soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 109, n. 2, p.245-249, July 1988.

LEAL, P. L. **Fungos micorrízicos arbusculares isolados em culturas armadilhas de solos sob diferentes sistemas de uso na Amazônia**. 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LEVY, J.; KRIKUN, J. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza on *Citrus jambhiri* water relations. **New Phytologist**, Cambridge, v. 85, n. 1, p. 25-31, May 1980.

MALAVOLTA, E. et al. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais**. São Paulo: Pioneira, 1967.

MASON, P. A.; MUSOKO, M. O.; LAST, F. T. Short-term changes in vesicular-arbuscular mycorrhizal spore populations in Terminalia plantations in Carmeroon. In: READ, D. J. et al. (Ed.). **Mycorrhizas in ecosystems**. Cambridge: CAB International, 1994. p. 261-267.

McGONIGLE, T. P.; EVANS, D. G.; MILLER, M. H. Effect of degree of soil disturbance on mycorrhizal colonization and phosphorus absorption by maize in growth chamber and field experiments. **New Phytologist**, Cambridge, v. 116, n. 4, p. 629-636, Dec. 1990.

MELLO, C. M. A. et al. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em área de Caatinga, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 938-943, out./dez. 2012.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006.

MORTON, J. B. Problems and solutions for the integration of Glomalean taxonomy, systematic biology, and the study of endomycorrhizal phenomena. **Mycorrhiza**, New York, v. 2, n. 2, p. 97-109, Dec. 1993.

MORTON, J. B.; BENTIVENGA, S. P.; BEVER, J. D. Discovery, measurement, and interpretation of diversity in arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycetes). **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 73, n. 1, p. 25-32, Jan. 1995.

MORTON, J. B.; G. L. BENNY. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes), a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, a caulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. **Mycotaxon**: an international journal for research on taxonomy and nomenclature of fungi, including lichens, Ithaca, v. 37, p. 471-491, 1990.

MORTON, J. B.; REDCKER, D. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. **Mycologia**, New York, v. 93, n. 1, p. 81-195, Jan./Feb. 2001.

OEHL, F. et al. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystem of Central Europe. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 69, n. 5, p. 2816-2824, May 2003.

OEHL, F.; SIEVERDING, E. *Pacispora*, a new vesicular arbuscular mycorrhizal fungal genus in the glomeromycetes. **Journal of Applied Botany & Food Quality-Angewandte Botanik**, Quedlinburg, v. 78, n. 1, p. 72-82, 2004.

PANTANAL SUL MATOGROSSENSE. **Micro - região**: pantanal da Nhecolândia. [S.l.:s.n], 2011. Disponível em: < <http://www.pantanal.sulmatogrossense.com.br>>. Acesso em 13 outubro 2012.

PICONE, C. Diversity and abundance of arbuscular mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture. **Biotropica**, Washington, v. 32, n. 4a, p. 734-750, Dec. 2000.

PIROZYNSKI, K. A. Interactions between fungi and plants through the ages. **Canadian Journal Botany**, Ottawa, v. 59, n. 19, p. 1824-1827, Sept. 1981.

POTT, A. **Pastagens no Pantanal**. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1988.

PRASAD, P.; BASU, S.; BEHERA, N. A comparative account of the microbiological characteristics of soil under natural forest, grassland and crop field from Eastern India. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 175, n. 1, p. 85-91, Aug. 1994.

RODELA, L. G. **Unidades de vegetação e pastagens nativas do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul**. 2006. 222 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

SALLES, J. F.; SOUZA, F. A. **Revisões em micorriza I: técnicas moleculares aplicadas ao estudo dos fungos micorrízicos arbusculares**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1998. (Série Documentos, 68).

SANTOS, F. E. F.; CARRENHO, R. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em remanescente florestal impactado (Parque Cinquentenário - Maringá, Paraná, Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 508-516, abr./jun. 2011.

SANTOS, S. A. **Caracterização dos recursos forrageiros nativos da sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato-Grosso do Sul, Brasil**. 2001. 190 f. Tese (Doutorado em Nutrição e Produção Animal) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SANTOS, S. A. et al. Composição botânica da dieta de bovinos em pastagem nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal. **Revista Brasileira Zootecnia**, Piracicaba, v. 31, n. 4, p. 1648-1662, jul./ago. 2002.

SANTOS, S. A. et al. **Simulações de estimativa da capacidade de suporte das áreas de campo limpo da sub-região da Nhecolândia, Pantanal**. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 2003.

SANTOS, S. A.; CRISPIM, S. M. A.; COMASTRI FILHO, J. A. Pastagens no ecossistema Pantanal: Manejo, conservação e monitoramento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p. 23-35.

SCHUSSLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycology Research**, Cambridge, v. 105, n. 12, p. 1413-1421, Dec. 2001.

SIEVERDING, E.; OEHL, F. Revision of *Entrophospora* and description of *Kuklospora* and *Intraspora*, two new genera in the arbuscular mycorrhizal Glomeromycetes. **Journal of Applied Botany & Food Quality-Angewandte Botanik**, Quedlinburg, v. 80, v. 1, p. 69-81, 2006.

SILVA, A. P. **Micorrizas arbusculares no agrossistema soja no Estado de Mato Grosso**. 2004. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

SILVA, G. A. **Diversidade funcional de fungos micorrízicos arbusculares oriundos de solos da Amazônia ocidental**. 2009. 107 f. Tese (Doutorado em Microbiologia do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 10, p. 1703-1711, out. 1998.

SILVA, T. C. da. Contribuição da geomorfologia para o conhecimento e valorização do Pantanal. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL 1., 1986, Corumbá. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal. 1986.

SIQUEIRA, J. O. et al. Micorrizas e a degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**: volume 5. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 219-306.

SIQUEIRA, J. O.; KLAUBERG FILHO, O. Micorrizas arbusculares: a pesquisa brasileira em perspectiva. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**: volume 1. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 235-264.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STURMER, S. L. Fungos micorrizicos arbusculares: características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 12-21, mar./abr. 2002.

SMITH, S. E.; READ, D. J. The symbiontes forming VA mycorrhizas. In: SMITH, S. E.; READ, D. J. (Ed.). **Mycorrhizas symbiosis**. San Diego: Academic Press, 1997. p. 33-80.

SORIANO, B. M. A. et al. **Plano de utilização da fazenda Nhumirim**. Brasília: Embrapa-CPAP, 1997.

SOUZA, F. A. de et al. Classificação e taxonomia de Fungos Micorrizicos Arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J. O. et al. (Ed.). **Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010. p. 1-14.

SOUZA, F. A. de; SILVA, I. C. L. da; BERBARA, R. L. L. Fungos micorrizicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. p. 483-536.

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

STURMER, S. L.; BELLEI, N. M. Composition and seasonal variation of spore population of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina, Brazil. **Canadian Journal Botany**, Ottawa, v. 72, n. 3, p. 359-363, Mar. 1994.

STUMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in selected ecosystems. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI Publishing, 2005. p. 206-236.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Diversidade de fungos micorrizicos arbusculares em ecossistemas brasileiro. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. p. 537-584.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in western brazilian amazon. **Mycorrhiza**, New York, v. 21, n. 4, p. 255-267, June 2011.

STURMER, S. L.; STURMER, R.; PASQUALINI, D. Taxonomic diversity and community structure of arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota) in three maritime sand dunes in Santa Catarina state, south Brazil. **Fungal Ecology**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 27-36, Feb. 2013.

TATE, R. L.; KLEIN, D. A. **Soil reclamation processes: microbiological analyses and applications**. New York: M. Decker, 1985.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ, V. V. H. et al. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 195-276.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A. et al. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, London, v. 396, p. 69-72, Nov. 1998.

WHALLEY, F. L.; GERMIDA, J. J. Estimating the viability of vesicular-arbuscular mycorrhizae fungal spores using tetrazolium salts as vital stains. **Mycologia**, New York, v. 87, n. 2, p. 273-279, Mar./Apr. 1995.

## CAPÍTULO 2

### OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM DIFERENTES FITOFISIONOMIAS NO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA, MS

Plínio Henrique Oliveira Gomide, Marx Leandro Naves Silva, Cláudio Roberto  
Fonseca Sousa Soares, Evaldo Luis Cardoso, Fernanda de Carvalho, Patrícia  
Lopes Leal, Rodrigo Magalhães Marques e Sidney Luiz Sturmer.

#### RESUMO

O bioma Pantanal é reconhecido como uma das maiores extensões úmidas contínua do planeta, com fauna e flora de rara beleza e abundância. Estudos relativos à riqueza e à abundância de FMAs neste ambiente são raros ou inexistentes, sendo este o primeiro relato, nas fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia. Sendo assim, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia. Amostras de solo foram coletadas na camada de 0-10 cm, com quatro repetições, em sete fitofisionomias sujeitas a distintos regimes de inundação: livres de inundação-floresta semidecídua (FS) e cerradão (CE); sujeitos a inundação ocasional – campo limpo com predominância de *Elyonurus muticus* (CLE) e campo cerrado (CC); sujeitos à inundação sazonal - campo limpo com predominância de *Andropogon* spp (CLA), borda de baias (BB) e vazante/baixadas (VB). Foram realizadas duas coletas de solo, em dois períodos distintos, sendo um caracterizado como seco e outro como chuvoso. Parte do solo amostrado no campo foi utilizada em vasos armadilha com *Brachiaria brizantha*, visando à recuperação de espécies que não puderam ser encontradas *in situ*. Foi realizada a caracterização química do solo nas diferentes fitofisionomias, além da ocorrência de FMAs por meio da extração de esporos e identificação taxonômica, riqueza e abundância de esporos. Foi verificada a ocorrência de 37 espécies de FMAs nas duas estações, seca e chuvosa. As espécies foram distribuídas em cinco gêneros: *Acaulospora*, *Paraglomus*, *Gigaspora*, *Scutellospora* e *Glomus*. A abundância e a riqueza de espécies variaram entre as fitofisionomias, sendo maiores no Cerradão e no Campo Cerrado e muito reduzidas na Floresta semidecídua. Os atributos químicos (MO, SB, T, t, V, Ca, Mg, P, Prem e pH) foram os que mais

influenciaram a separação da FS e BB dos demais ambientes. Verificou-se que, na fitofisionomia FS, a ocorrência de FMAs foi restrita, provavelmente, pelo melhor estado nutricional do ambiente, diferentemente do que foi verificado para o CC, que apresentou maior ocorrência destes organismos. Os demais ambientes (CLA, CLE, VB e CE) estão mais associados aos atributos associados à acidez do solo, sendo verificada maior ocorrência destes fungos nos ambientes sob esta condição de fertilidade.

Palavras-chave: Micorrizas. Riqueza de espécies. Abundância de esporos. Glomeromycota.

## ABSTRACT

The Pantanal is recognized as one of the largest continuous humid of the planet, characterized by fauna and flora of rare beauty and abundance. Studies on the richness and abundance of AMFs in this environment are rare or nonexistent, this being the first report, the vegetation types of the Pantanal Nhecolândia. Thus, this study was conducted with the objective to evaluate the occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs) in different vegetation types of the Pantanal Nhecolândia. Soil samples were collected at 0-10 cm, with four replications in seven vegetation types subject to different flooding regimes: free flood semideciduous forest (SF) and Cerrado (CE), subject to occasional flooding - clean field with predominance of *Elyonurus muticus* (CFE) and field cerrado (FC), subject to seasonal flooding - clean field with predominance *Andropogon* spp (CFA), bay border (BB) ebbing and lowlands (EL). There were two soil collected in two different periods, a period characterized as dry and rainy as the other. Part of the soil sampled in the field was used in vessels trap with *Brachiaria brizantha*, seeking recovery of species that could not be found *in situ*. It was performed soil chemical characterization in different vegetation types, besides the occurrence of AMFs by extracting spores and identifying taxonomic richness and abundance of spores. The occurrence of 37 AMFs species was verified in two seasons, dry and rainy. The species were distributed in five genera: *Acaulospora*, *Paraglomus*, *Gigaspora*, *Scutellospora* and *Glomus*. The abundance and richness species varied among vegetation types, being higher in Savanna and Field Cerrado and very low in semideciduous forest. Chemical attributes (MO, SB, T, t, V, Ca, Mg, P, Prem and pH) were most influenced the separation of SF and BB to the other environments. It was found that the vegetation types SF, the occurrence of AMFs was restricted, probably by better nutritional environment status, unlike what was observed for the FC which showed a higher occurrence of these organisms. The other environments (CFA, CFE, EL and CE) are more associated with the attributes associated with soil acidity, being observed a higher occurrence of these fungi in the environments under this fertility condition.

Keywords: Mycorrhizae. Richness species. Abundance of spores. Glomeromycota.

## 1 INTRODUÇÃO

O Pantanal mato-grossense é reconhecido como uma das maiores extensões úmidas contínuas do planeta. Ele é marcado por peculiaridades, como estações de seca e cheia, solos de baixa fertilidade, dificuldade de acesso, dentre outras, que restringiram a sua ocupação e a interferência antrópica, tornando a pecuária extensiva a principal atividade econômica (BAZZO et al., 2012).

Devido à interação dos fatores bióticos e abióticos, tem-se, como resultado, uma grande heterogeneidade de paisagens dentro da planície e, assim, o Pantanal pode ser dividido em onze sub-regiões ou pantanais (SILVA; ABDON, 1998). Dentre elas destaca-se o Pantanal da Nhecolândia, localizado na porção centro-meridional, com aproximadamente 26.000 km<sup>2</sup>, com paisagem composta por formações vegetais de aspectos diversos, que compreendem campos inundáveis, cerrados, cerradões e florestas, entremeadas a um complexo sistema de lagoas permanentes ou semipermanentes, localmente denominadas “baías” e “salinas” (SILVA; ABDON, 1998). Nesta sub-região, as formas de vegetação são fortemente influenciadas pela topografia local e pelos diferentes níveis de inundação ou alagamento, porém, algumas associações vegetais destacam-se na Nhecolândia, por sua contínua presença na paisagem (BAZZO et al., 2012).

Os FMAs representam um importante componente da microbiota do solo em ecossistemas naturais e agrícolas. Estes organismos estabelecem relações mutualísticas com, aproximadamente, 80% das espécies vegetais, agindo como uma extensão do sistema radicular das plantas, contribuindo para a maior absorção e utilização dos nutrientes do solo (SIQUEIRA; LAMBAIS; STURMER, 2002). Eles auxiliam na translocação de nutrientes, disponibilizando-os para as células do córtex de raízes de plantas micotróficas (SOUZA; SILVA; BERBARA, 2008). Em leguminosas, a associação

micorrízica favorece a nodulação e a fixação do nitrogênio (SIQUEIRA; LAMBAIS; STURMER, 2002), amplia a capacidade de absorção de água e aumenta a resistência do sistema radicular da planta ao ataque de patógenos (JEFFRIES et al. 2003; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

De acordo com Souza, Silva e Berbara (2008), os FMAs têm participação efetiva na diversidade e no funcionamento dos ecossistemas, principalmente devido ao seu efeito sobre a diversidade de plantas, a produtividade, como componente na recuperação e o restabelecimento da vegetação em ecossistemas frágeis ou degradados (DANDAN; ZHIWEI, 2007).

Desse modo, sua presença pode ser essencial para a sustentabilidade dos ecossistemas, o desenvolvimento das plantas e a manutenção da diversidade biológica. Assim, o conhecimento da diversidade e da dinâmica dos FMAs nas fitofisionomias é importante para o manejo destas e também como indicador de sua qualidade (LOSS et al., 2009). Em razão da importância dos FMAs nos ecossistemas, presume-se que o aumento da riqueza de espécies desses fungos possa proporcionar incremento no crescimento ou na diversidade das plantas, com benefícios para ambos os parceiros (KLIRONOMOS et al., 2000).

A ocorrência e a densidade dos FMAs dependem das características da planta hospedeira, do fungo e de fatores edafoclimáticos (STADDON et al., 2003) e antrópicos, por meio da pressão exercida pelo manejo e uso dos solos (JOHNSON; PFLEGER, 1992).

Os FMAs formam um grupo diverso, tanto em termos de número de espécies como em função (CARVALHO et al., 2012). Da diversidade total (217 espécies) conhecida deste grupo no mundo, 122 espécies de FMAs são de ocorrência no Brasil, o que representa, aproximadamente, 56% da diversidade total (SOUZA; SILVA; BERBARA, 2008, SOUZA et al., 2010). No entanto, os estudos são restritos a algumas formações vegetais ou ecossistemas, como os realizados por Carvalho et al. (2012), em campo rupestre; Ferreira, Carneiro e

Saggin Junior (2012), no Cerrado; Stürmer e Siqueira (2011) e Leal, Stürmer, Siqueira (2009), no bioma amazônico; Carrenho et al. (2010), em agrossistemas; Silva et al. (2005), na Caatinga; Moreira-Souza et al. (2003), em floresta de araucária; Sturmer, Sturmer e Paqualini (2013) e Cordoba et al. (2001), em dunas e Melloni, Siqueira e Moreira (2003) e Caproni et al. (2003), em áreas degradadas. Na tentativa de melhor entender o funcionamento e a diversidade de FMAs associados às fitofisionomias do Pantanal, este é o primeiro relato da composição específica das comunidades de FMAs e a relação da diversidade destes organismos com as características químicas dos solos, nas fitofisionomias no Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil.

Estudos que buscam conhecer a diversidade e a ocorrência de FMA em biomas de grande fragilidade ambiental têm muito a contribuir com programas que visam à conservação e à recuperação desses ecossistemas, mas, tendo sido desenvolvidos no Pantanal e divulgados com esse intuito são raros ou inexistentes. Assim, o presente estudo foi realizado como o objetivo de determinar a riqueza e a abundância de esporos de FMAs nas diferentes fitofisionomias do Pantanal, na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Nhumirim, área experimental da Embrapa Pantanal de, aproximadamente, 4.300 ha e está localizada na latitude 18° 59' 06 e 19° 00' 06" S e longitude 56° 39' 40" e 55° 40' 40" W, sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense. O clima da região é classificado como tropical subúmido (Aw, Köppen), com inverno seco e chuvas no verão. A área de estudo está sujeita a inundações somente de origem pluvial. A ocorrência das fitofisionomias na área estudada, conforme o tipo de solo, o regime de inundação e as cotas médias, está representada, esquematicamente, na Figura 1.



Figura 1 Representação esquemática das diferentes fitofisionomias, conforme tipo de solo, regime de inundação e cotas médias das áreas estudadas. FS: floresta semidecídua; CE: cerradão; CC: cerrado/campo cerrado; CLE: campo limpo com predominância de *Elionorus muticus*; CLA: campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp; BB: borda de baía; VB: vazantes e baixadas

Fonte: Cardoso (2008), adaptado de Cunha (1980)

As fitofisionomias estudadas são características da sub-região da Nhecolândia e foram classificadas com base nos estudos de Comastri Filho (1984), Pott (1988) e caracterizadas por Santos et al. (2002). Segundo estes autores, a floresta semidecídua (FS) localiza-se em uma área não inundável, com poucas espécies forrageiras no seu interior e predominância da palmeira acuri (*Scheelea phalerata*). Nas bordas, ocorre uma diversidade de espécies, como

*Arrabidaea* sp., *Cecropia pachystachya* e *Smilax fluminensis*. O cerradão (CE), que também está localizado em área não inundável, apresenta vegetação xeromorfa sobre cordões arenosos (antigos diques fluviais), cuja composição florística é bastante heterogênea, destacando-se as espécies *Scheelea phalerata*, *Diospyros hispida* e *Annona dioica*. O campo cerrado (CC) é uma área sujeita à inundação ocasional (somente em grandes cheias), zona transicional entre Cerrado e campo limpo, de formação natural ou antropizada. As espécies são esparsamente distribuídas sobre um estrato herbáceo (*Mesosetum chauseae* e *Axonopus purpusii*, etc.), entremeado de plantas lenhosas (*Byrsonima orbyghiana*, *Curatella americana* e *Annona dioica*, etc.).

A área de caronal (CLE), sujeita à inundação ocasional, é caracterizada pela predominância de capim-carona (*Elyonurus muticus*). A área de campo limpo (CLA), também sujeita à inundação periódica, situa-se em mesorrelevo um pouco mais baixo que o anterior, com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp. A borda de lagoas permanentes (BB) está sujeita à inundação periódica, variando de acordo com a precipitação e o nível da inundação. Predominam espécies como *Hymenachne amplexicaulis*, *Leersia hexandra*, *Panicum laxum* e várias ciperáceas, como *Eleocharis minima*. A parte mais baixa do mesorrelevo, denominada de vazantes e baixadas (VB), está sujeita à inundação periódica, sendo as vazantes vias de drenagem não seccionadas, formando extensas áreas periodicamente inundadas, enquanto as baixadas referem-se aos pequenos desníveis do mesorrelevo. Nestas áreas, ocorrem gramíneas hidrófilas, como *Panicum laxum*, *Setaria geniculata* e várias ciperáceas, como *Rhynchospora trispicata*.

De acordo com o esquema representativo (Figura 1), nas partes mais elevadas (livres de inundações) e a parte intermediária (ocasionalmente inundada) do mesorrelevo, com cotas que variam de 2,53 a 2,06 m, localizam-se as fitofisionomias FS, CE, CC, CLE. O solo típico destas localidades é o

Neossolo Quartzarênico Órtico típico, com horizonte A relativamente desenvolvido, em geral com mais de 50 cm de espessura e, embora com baixo teor de matéria orgânica, de cor escura, caracterizando horizonte A moderado. Nas áreas mais baixas do mesorrelevo (sujeitas às inundações sazonal), com cotas de 1,84 a 0,42 m, representadas pelas fitofisionomias CLA, BB e VB, o solo típico é o Neossolo Quartzarênico Hidromórfico típico, marcado pela presença do lençol freático a menos de 1,5 m da superfície, durante a época seca, ou pela ocorrência de horizonte glei até essa profundidade (CARDOSO, 2008).

As coletas de solo foram realizadas em duas épocas, sendo a primeira em agosto de 2009, época precedida de quatro meses de precipitações inferiores a 60 mm, e a segunda, em abril de 2010, sendo esta precedida de quatro meses de precipitações superiores a 60 mm, o que caracteriza esta época como chuvosa. A precipitação pluviométrica e a temperatura durante o período de estudo estão representadas na Figura 2.

O solo predominante nas fitofisionomias avaliadas é Neossolo Quartzarênico (SANTOS et al., 1997).

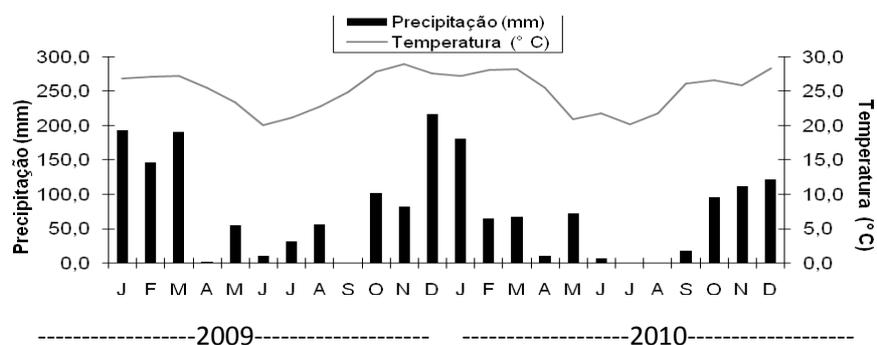


Figura 2 Precipitação e temperatura durante os dois anos hidrológicos de condução dos estudos, no Pantanal da Nhecolândia, MS

Fonte: Embrapa - Pantanal

A amostragem consistiu da realização de quatro transectos de 80 m, em cada ambiente de estudo, e de coleta de amostras compostas de cinco subamostras (a cada 20 m), na profundidade de 0-10 cm. Cada transecto constituiu uma repetição, em que foram avaliadas sete fitofisionomias, totalizando 28 pontos amostrais por época avaliada. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos esterilizados, protegidas da luz e mantidas em caixas térmicas até a chegada ao laboratório. Em seguida, foram peneiradas (2 mm de malha), acondicionadas em sacos de plástico estéreis Millipore e mantidas em câmara fria (4 °C).

As amostras de solo para análises químicas seguiram o mesmo esquema de amostragem. Para caracterização química, as amostras foram analisadas conforme metodologia descrita a seguir: pH em água na relação 1:2,5; Ca, Mg e Al trocável, extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e analisados por titulometria (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997); P e K extraídos pelo método Mehlich 1 e analisados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente (VETTORI, 1969) e S por turbidimetria (BLANCHAR; REHM; CALDWELL, 1965).

A partir desses resultados, foi calculada a soma de bases trocáveis (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC), o índice de saturação por base (V) e o índice de saturação por alumínio trocável (m).

A caracterização química das fitofisionomias da sub-região da Nhecolândia é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 Caracterização química nas diferentes fitofisionomias da sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense

Atributos químicos	pH	P	K	Ca	Mg	Al	SB	t	T	V	m	MO
Fitofisionomias <sup>1</sup>	H <sub>2</sub> O	...mg dm <sup>-3</sup> ...				.....cmolc dm <sup>-3</sup> .....				.....%.....		g kg <sup>-1</sup>
FS	6,0 a	20,9 a	106,3 a	3,1 a	0,8 a	0,1 c	4,2 a	4,3 a	5,7 a	73,7 a	2,3 g	17,3 a
CE	5,0 d	14,3 b	35,7 c	0,7 b	0,2 b	0,3 a	1,0 b	1,1 b	3,2 b	32,3 c	22,7 e	14,3 b
CC	5,3 c	4,5 c	22,7 d	0,1 c	0,1 c	0,3 a	0,4 b	0,7 b	1,5 d	21,4 d	48,3 b	8,0 c
CLE	5,4 c	3,7 c	19,7 d	0,1 c	0,1 c	0,3 a	0,3 b	0,6 b	1,7 d	14,4 e	56,8 a	9,0 c
CLA	5,6 b	8,9 c	31,0 c	0,3 c	0,1 c	0,3 a	0,5 b	0,8 b	2,2 c	21,1 d	38,5 c	10,3 c
BB	5,5 b	6,0 c	34,0 c	0,6 b	0,1 c	0,1 c	0,8 b	0,9 b	1,6 d	49,8 b	11,3 f	7,3 c
VB	5,7 b	3,2 c	68,7 b	0,2 c	0,1 c	0,2 b	0,8 b	0,9 b	2,0 c	23,6 d	29,6 d	9,3 c

<sup>1</sup> FS – floresta semidecídua; CE – cerradão; CC – cerrado/campo cerrado; CLE – campo limpo com predominância de *Elionorus muticus*; CLA – campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp; BB – borda de baía; VB – vazante e baixadas. Atributos químicos (SB: soma de bases trocáveis; t: CTC efetiva; T: CTC potencial; V: saturação por bases; m: saturação por Al<sup>3+</sup>; MO: matéria orgânica)

De cada amostra foram retirados 50 mL de solo, que foram submetidos à extração de esporos, seguindo o processo padrão de separação de esporos, conforme Gerdemann e Nicolson (1963). As amostras foram repetidamente lavadas com água corrente e, posteriormente, peneiradas. Foram utilizadas peneiras de malha de náilon de 40-50  $\mu\text{m}$  (para esporos pequenos), 100  $\mu\text{m}$  (para esporos médios) e 250  $\mu\text{m}$  (para esporos grandes e esporocarpos). O material retido nas peneiras foi transferido para tubos contendo um gradiente de sacarose (50%) e centrifugados, a 2.000 rpm, por dois minutos. O sobrenadante foi lavado e passado em uma peneira de 50  $\mu\text{m}$  e os esporos retidos foram transferidos para uma placa de Petri e contados, com o auxílio de uma lupa microscópica Nikon SMZ-U.

A multiplicação dos FMAs provindos do campo em vasos de cultura armadilha foi realizada retirando-se 50 g do solo nativo puro misturado sobre um Neossolo Quartzarênico, oriundo de Itutinga, MG, a fim de simular o solo original da área de estudo, em cada vaso. Essa mistura foi colocada em vasos plásticos de 1,5 kg. Para garantir que este solo estivesse isento de propágulos de FMAs, este foi esterelizado três vezes em autoclave, a 121 °C, durante 1 hora. Antes da semeadura, as sementes das plantas hospedeiras empregadas (*Brachiaria brizantha*) foram desinfestadas, por imersão em hipoclorito de sódio (0,5%), durante 15 minutos e tiveram a dormência interrompida com ácido sulfúrico concentrado. Depois de lavadas em água destilada, elas foram semeadas a uma profundidade de 2 cm do solo, em cada vaso, colocando-se, aproximadamente, 50 sementes de braquiária por vaso. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação, por 150 dias e irrigados regularmente. Foram adicionados, uma vez ao mês, 20 mL de solução nutritiva (HOOGLAND; ARNON, 1950), de forma a manter as necessidades nutricionais das plantas, caso estas apresentassem algum sintoma de deficiência. Foram feitos também rodízios na disposição física dos vasos na bancada. Para estimular mais a

produção de raízes da espécie hospedeira, foi realizada a poda da parte aérea, quando a mesma se encontrava já bastante desenvolvida.

Após a contagem, os esporos foram transferidos para uma placa de Petri, separando-se, aleatoriamente, uma quarta parte do total dos esporos. Estes foram agrupados pelas características de tamanho, cor e forma, e os grupos foram colocados em lâminas para microscopia com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG). Na mesma lâmina, um segundo grupo de esporos foi montado com PVLG + reagente de Melzer (1:1), sob outra lamínula e quebrados cuidadosamente para a exposição das paredes internas. Os resultados da reação de cor ao reagente de Melzer foram utilizados para caracterizar taxonomicamente as paredes dos esporos, melhorando, em alguns casos, a visibilidade, especialmente daqueles esporos com paredes aderentes ou muito finas.

Os esporos selecionados foram separados por morfotipos e contados, em placas de Petri, depois montados em lâminas com álcool polivinílico lactoglicerol (PVLG), para avaliação microscópica das características fenotípicas estruturais e identificação taxonômica, conforme Shenck e Pérez (1990) e descrição das espécies, conforme as páginas do International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi - INVAM (INTERNATIONAL CULTURE COLLECTION OF (VESICULAR) ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI, 2012); Arbuscular Mycorrhizal Fungi (Glomeromycota), *Endogone* and *Complexipes* species deposited in the Department of Plant Pathology, University of Agriculture in Szczecin, Poland (ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE, 2012) e na página pessoal do pesquisador Arthur Schubler (PHYLOGENY..., 2010). A interpretação das características taxonômicas foi feita mediante observações em microscópio óptico com iluminação de campo-claro e objetiva de imersão.

A abundância de esporos de FMAs foi determinada por meio do número dos esporos em 50 mL de solo e a riqueza de espécies de FMAs como sendo o número de esporos de FMAs produzidos por cada espécie presente em 50 mL de solo seco. A frequência de ocorrência dos FMAs foi determinada pelo número de uma dada espécie pelo número total de tratamentos (fitofisionomias), expresso em porcentagem.

A composição granulométrica média do solo dos ambientes de estudo é apresentada no Quadro 2. Em geral, os solos são enquadrados na classe textural areia, com valores superiores a 830 g kg<sup>-1</sup>. Os teores de argila variaram de 30 a 70 g kg<sup>-1</sup> e os de silte, de 10 a 90 g kg<sup>-1</sup>. A granulometria desses solos é resultado dos depósitos aluvionares à margem esquerda do rio Taquari, cujos sedimentos quaternários são de constituição essencialmente arenosa, favorecendo a formação de Neossolo Quartzarênico (CARDOSO, 2008).

Quadro 2 Caracterização granulométrica dos solos das diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia.

Fitofisionomias <sup>1</sup>	Atributos físicos		
	Areia	Silte	Argila
	..... g kg <sup>-1</sup> .....		
FS	860	90,0	50,0
CE	920	50,0	30,0
CC	940	10,0	50,0
CLE	910	40,0	50,0
CLA	830	100	70,0
BB	920	30,0	50,0
VB	910	40,0	50,0

<sup>1</sup> FS – floresta semidecídua; CE – cerradão; CC – cerrado/campo cerrado; CLE – campo limpo com predominância de *Elionorus muticus*; CLA – campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp; BB – borda de baía; VB – vazante e baixadas.

Os atributos químicos dos solos, os dados de densidade de esporos e os de diversidade foram submetidos a análises de variância e a teste de média (Scott-Knott, 5%), pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011). A

análise de componentes principais (ACP) foi realizada com as espécies de FMA, a fim de demonstrar a ordenação destas nas diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia, além de identificar quais das propriedades do solo mostraram-se correlacionadas com as espécies (TER BRAAK, 1998). O programa utilizado foi o INFO-GEN ([www.info-gem.com.ar](http://www.info-gem.com.ar)).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de abundância e riqueza de espécies de FMAs nos dois períodos de amostragem, nas diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia, estão representados na Figura 3. Houve diferença significativa apenas entre os ambientes estudados, tendo as fitofisionomias CLA e CE, em ambos os períodos, sido os locais em que foram encontrados os maiores valores de abundância de esporos de FMAs, quando comparados com os demais ambientes avaliados. A menor abundância de esporos foi verificada na FS e na BB, em ambos os períodos.

A menor abundância de esporos foi verificada na FS e BB, com média de 96 e 13; 133 e 71 esporos em 50 mL de solo, no período seco e chuvoso, respectivamente. CLA e CE foram as fitofisionomias que apresentaram médias superiores da abundância de esporos, tendo sido encontrados 466 esporos no CLA, no período seco e 350 esporos no período chuvoso, e 393 esporos no CE no período seco e 331 no período chuvoso, o que representa uma redução, de um período para o outro, de 24% e 16%, em cada fitofisionomia, respectivamente. Esta discrepância nos valores de abundância de esporos das fitofisionomias em relação à FS e a BB pode ser atribuída ao fato de que, indiretamente, a abundância de esporos está relacionada com as condições ecológicas do ecossistema (MAIA; TRUFEM, 1990) e, diretamente, com a fisiologia do fungo (MORTON, 1993).

A diversidade e a esporulação são indicadores de interferência em ecossistemas naturais. Leal, Stürmer e Siqueira (2009), avaliando a ocorrência e a diversidade de FMAs sob diferentes sistemas de uso na Amazônia, verificaram que, na floresta nativa, a densidade de esporos foi significativamente inferior, comparada à de outros sistemas de uso do solo, sendo recuperados, em média, apenas 30 esporos em 50 mL de solo. Siqueira et al. (1989) atribuem essa baixa

esporulação em ecossistemas naturais à estabilidade desses ambientes, quanto à presença constante de hospedeiros e à ausência de variações bruscas na fertilidade do solo, o que poderia garantir a sobrevivência de espécies destes fungos com baixa capacidade natural de esporulação ou que produzem esporos com baixa capacidade de resistência a condições adversas.

A riqueza de espécies obtidas nas diferentes fitofisionomias no período seco decresce na seguinte ordem: VB (15), CE (13), FS (10), CLE (8), BB (9), CC (9) e CLA (9). No período chuvoso, a riqueza decresce na seguinte ordem: CC (16), CE (9), VB (9), CLE (5), BB (6), CLA (6) e FS (3) (Figura 3). A maior riqueza de FMAs no VB, no período seco, está relacionada ao regime hídrico, ou seja, no período seco pode haver o favorecimento da ocorrência de plantas espontâneas, com aumento da diversidade vegetal, contribuindo para o aumento do número de espécies de FMAs. No período chuvoso, as fitofisionomias alagáveis tendem a reduzir a população de FMAs. Mesmo após longo período de inundação, são observados propágulos de FMAs, indicando que os fungos podem ter rápida capacidade de colonização desses ambientes, com o estabelecimento das espécies vegetais micotróficas. No período chuvoso, a maior riqueza encontrada foi no ambiente CC, devido, provavelmente, à alta diversidade vegetal. A menor riqueza foi obtida na fitofisionomia FS, em ambos os períodos de amostragem. Tal resultado pode ser explicado devido à baixa diversificação vegetal encontrada neste ambiente, a qual é ocupada, basicamente, com palmeiras (palmeira acuri, *Scheelea phalerata*).

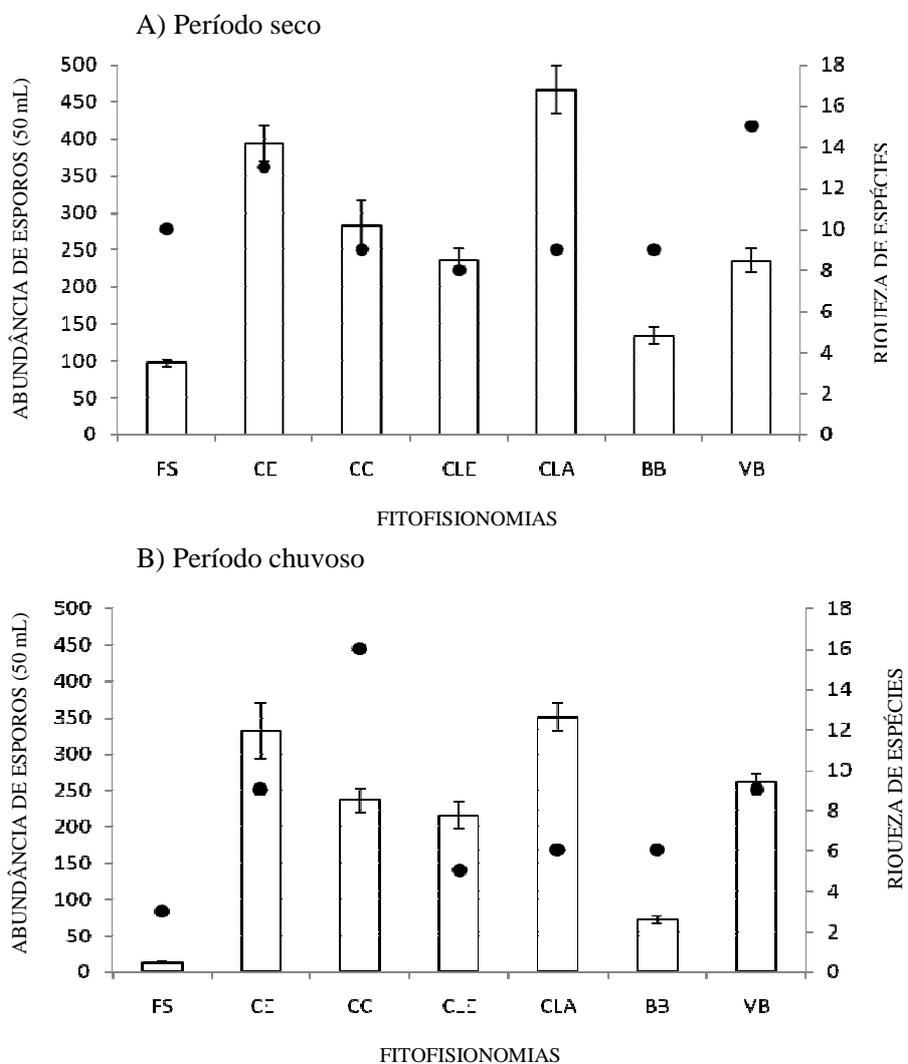


Figura 3 Abundância de esporos (barras) e riqueza de espécies (ponto) de FMAs encontrados nos dois períodos de coleta, nas diferentes fitofisionomias (FS – floresta semidecídua; CE – cerradão; CC – cerrado/campo cerrado; CLE – campo limpo com predominância de *Elionorus muticus*; CLA – campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp; BB – borda de baía; VB – vazantes e baixadas) do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. Barras indicam erro padrão da média (n= 4)

Foram detectadas 16 espécies do gênero *Glomus* (*Glomeraceae*), 7 espécies de *Acaulospora* (*Acaulosporaceae*), quatro espécies de *Scutellospora* (*Scutellosporaceae*) e duas de *Racocetra* (*Racocetraceae*). *Gigasporaceae* foi representada por cinco espécies, *Ambisporaceae* e *Paraglomeraceae*, por uma. Pode-se observar, de modo geral, uma maior proporção na ocorrência do gênero *Glomus*, seguido de *Acaulospora* e *Gigaspora*, em todos os habitats avaliados (Quadros 3 e 4).

Este padrão é semelhante ao observado em outros sistemas tropicais, como as florestas na China (ZHAO; WANG; YANG, 2003; ZHANG; GUI; LIU, 2004), Panamá (MANGAN et al., 2004), no Brasil (ZANGARO et al., 2007, STURMER; SIQUEIRA, 2006), na Floresta Amazônica (STURMER; SIQUEIRA, 2011; LEAL; STURMER; SIQUEIRA, 2009), no México (GUADARRAMA – CHÁVEZ et al., 2007) e no Cerrado (FERREIRA; CARNEIRO; SAGGIN JUNIOR, 2012). Em contraste com outros estudos, também em áreas tropicais, o gênero *Acaulospora* foi o dominante, como verificado em floresta tropical na Costa Rica (LOVELOCK; ANDERSON; MORTON, 2003) e vegetação secundária no Brasil (STURMER et al., 2006).

Quadro 3 Gêneros de fungos micorrízicos arbusculares e riqueza de espécies encontradas nas duas épocas de amostragem, nas diferentes fitofisionomias, no Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil

Famílias/Gêneros FMAs	FS	CE	CC	CLE	CLA	BB	VB	Riqueza de espécies
<i>Acaulosporaceae</i>								
<i>Acaulospora</i>	3	6	5	3	3	3	7	8
<i>Gigasporaceae</i>								
<i>Gigaspora</i>	0	2	4	2	4	0	3	5
<i>Scutellospora</i>	2	1	3	1	1	3	3	4
<i>Paraglomeraceae</i>								
<i>Paraglomus</i>	1	0	1	0	0	0	1	1
<i>Glomeraceae</i>								
<i>Glomus</i>	6	10	10	5	3	4	7	16
<i>Racocetraceae</i>								
<i>Racocetra</i>	0	2	1	1	0	1	1	2
<i>Ambisporaceae</i>								
<i>Ambispora</i>	0	0	1	1	0	1	0	1
<i>Claroideoglomeraceae</i>								
<i>Claroideoglomus</i>	0	0	0	0	1	1	0	1
Total riqueza	12	21	25	13	12	13	22	38

FS: floresta semidecidual; CE: cerradão; CC: campo cerrado; CLE: campo limpo com *Elionorus*; CLA: campo limpo com *Axonopus purpusii*; BB: borda de baía; VB: vazantes e baixadas

No Quadro 3 é possível perceber a riqueza e a ocorrência dos FMAs nas distintas fitofisionomias. Das oito espécies da família *Acaulosporaceae* encontradas, CE, VB e CC foram os ambientes que apresentaram maior ocorrência destas espécies, o que também foi observado no gênero *Glomeraceae*, para o qual, nestes mesmos ambientes, foi detectada a maior ocorrência destes fungos. Tal fato pode ser atribuído à maior diversidade vegetal apresentada nestes ambientes.

Os gêneros *Paraglomeraceae*, *Ambisporaceae* e *Claroideoglomus* foram os que apresentaram apenas uma família com apenas uma espécie, tendo sido encontrados em apenas alguns ambientes, como na FS, CC e VB (*Paraglomus*), CC, CLE e BB (*Ambispora*) e CLA e BB (*Claroideoglomus*). No Quadro 3 ainda é possível verificar que as fitofisionomias CE e CC foram as que

apresentaram maior diversidade de plantas, podendo explicar a maior riqueza de FMAs nestes locais, nos dois períodos amostrados.

Dentre as espécies de FMAs identificadas (Quadro 4), *Scutellospora heterogama*, seguida de *Acaulospora morrowiae*, foi a mais adaptada às diferentes espécies hospedeiras e à sazonalidade de inundação, sendo estas as espécies recomendadas para estudos futuros, visando à aplicação da simbiose na região do Pantanal.

Quadro 4 Lista das espécies de fungos micorrízicos arbusculares ocorrentes nas diferentes fitofisionomias no Pantanal da Nhêcolândia, em duas épocas de amostragem, período seco (S) e chuvoso (C)

Espécies de FMAs	FS		CE		CC		CLE		CLA		BB		VB	
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
<b>Acaulosporaceae</b>														
<i>Acaulospora spinosa</i> Walker & Trappe			+		+				+				+	
<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & Schenck				+	+	+		+		+		+		+
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	+			+				+						+
<i>Acaulospora mellea</i> Spain & Schenck					+	+	+		+					
<i>Acaulospora colombiana</i> Spain & Schenck														+
<i>Acaulospora longula</i> Spain & Schenck					+									
<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe	+					+						+		
<i>Acaulospora</i> sp1	+			+		+				+		+		+
<b>Paraglomeraceae</b>														
<i>Paraglomerus occultum</i> (Walker) Morton & Redecker	+						+							+
<b>Ambisporaceae</b>														
<i>Ambispora leptoticha</i> (N.C. Shенck & G.S.Sm)							+		+				+	
<b>Racocetraceae</b>														
<i>Racocetra gregaria</i> (N.C. Shенck & T.H. Nicolson)				+				+						+
<i>Racocetra biornata</i> Spain & Sieverding					+		+						+	
<b>Claroideoglomeraceae</b>														
							+		+					
<b>Glomeraceae</b>														
<i>Glomus diaphanum</i> Morton & Walker	+											+		
<i>Rhizophagus clarus</i> Nicolson & Shенck	+											+		+
<i>Glomus intraradices</i> Shенck & G. S. Sm								+						+
<i>Glomus</i> sp1			+	+			+	+		+				+
<i>Glomus</i> sp2	+		+	+								+	+	

Quadro 4, conclusão

Espécies de FMAs	FS		CE		CC		CLE		CLA		BB		VB	
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
<i>Glomus</i> sp3	+		+	+	+		+	+		+				+
<i>Glomus</i> sp4	+					+			+		+	+		
<i>Glomus</i> sp5			+					+						+
<i>Glomus</i> sp6			+			+	+							+
<i>Glomus</i> sp7			+		+									
<i>Glomus</i> sp8			+			+								
<i>Glomus</i> sp9						+								
<i>Glomus</i> sp10						+								
<i>Glomus</i> sp11				+		+								
<i>Glomus</i> sp12						+								
<i>Glomus</i> sp13				+										
<b>Gigasporaceae</b>														
<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall										+	+			+
<i>Gigaspora</i> sp1				+					+	+				+
<i>Gigaspora</i> sp2				+							+			
<i>Gigaspora</i> sp3						+		+		+				+
<i>Gigaspora</i> sp4						+								
<i>Scutellospora pellucida</i> (Nicolson & Schenck) Walker & Sanders					+							+	+	
<i>Scutellospora heterogama</i> (Nicolson & Gerd.) Walker & Sanders	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Scutellospora rubra</i> Sturmer & Morton	+		+		+	+						+		+
<i>Scutellospora gregaria</i> (Shenck & Nicolson) Walker & Sanders														+

FS: floresta semidecidual; CE: cerradão; CC: campo cerrado; CLE: campo limpo com Elionorus; CLA: campo limpo com axonopus purpusii; BB: borda de baía; VB: vazantes e baixadas

Comparando-se a riqueza de FMAs encontrada neste estudo com a dos demais ecossistemas brasileiros, pode-se considerar que a região apresenta alta diversidade destes fungos.

Stürmer e Siqueira (2008), a fim de acessar o estado da arte do inventário brasileiro, revisaram 37 trabalhos, realizados nos últimos 20 anos e relataram a diversidade destes fungos nas florestas de araucária (40 spp.), na Floresta Amazônica (35 spp.), na Floresta Atlântica (62 spp.), no Cerrado (44 spp.), na Caatinga (30 spp.), nas Dunas (37 spp.) e em agroecossistemas (104 spp.). A diversidade relativamente alta de FMAs nos agroecossistemas pode ser explicada tanto pelo elevado número de trabalhos realizados nestas áreas, como pela diversidade de ambientes ocupados por estes no território brasileiro.

Além destes estudos, Carvalho et al. (2012), avaliando a ocorrência e a diversidade de FMAs em campos rupestres, verificaram a ocorrência de 49 espécies. Estes mesmos autores concluíram que as propriedades físicas do solo (granulometria e textura) contribuíram de forma mais efetiva na ocorrência das espécies de FMAs nos ecossistemas de campo rupestres.

Sturmer e Siqueira (2011), avaliando a riqueza e a abundância de FMA em diferentes sistemas de uso da terra na região amazônica, verificaram a ocorrência de 61 morfotipos. Apesar do número elevado da diversidade de FMAs no Pantanal da Nhecolândia, ela pode estar sendo subestimada, pois nem todos os componentes da comunidade micorrízica estão na forma de esporos (estrutura reprodutiva que permite que as espécies sejam identificadas morfológicamente), no momento da amostragem, impossibilitando que elas sejam discriminadas no inventário (BARTZ et al 2008).

Leal, Sturmer e Siqueira (2009), avaliando a ocorrência e a diversidade de FMAs em culturas armadilhas de solos sob diferentes sistema de uso (floresta, capoeira velha, capoeira nova, sistema agroflorestal, culturas e

pastagens), na Amazônia, encontraram um total de 24 espécies de FMAs, reportando ter maior número de esporos na capoeira nova e na pastagem.

A fim de verificar a sazonalidade dos FMAs nos distintos ambientes estudados, amostras foram coletadas, tanto no período seco quanto no período chuvoso. Verificou-se que, no período caracterizado como seco, foi encontrada maior riqueza, em comparação ao período caracterizado como chuvoso, exceto no ambiente CC. A estação seca tem sido considerada, por alguns autores, como a época de maior riqueza de espécies de FMA (GUADARRAMA; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, 1999; CAPRONI et al., 2003; SOUZA et al., 2003; TCHABI et al., 2008), sugerindo que a umidade favorece a germinação dos esporos, resultando em alta colonização e baixa produção de esporos (GUADARRAMA; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, 1999).

A maioria dos estudos de ocorrência de FMAs tende a relacionar a diversidade de espécies fúngicas com propriedades físicas e químicas do solo, embora, segundo Stürmer e Siqueira (2008), reconheça-se a dificuldade em estabelecer uma relação clara entre variáveis edáficas e ambientais com ocorrência e diversidade de FMAs. Siqueira, Colozzi-Filho, Oliveira (1989) verificaram que espécies do gênero *Acaulospora* são favorecidas em solos com  $\text{pH} < 6,5$ , enquanto espécies de *Gigaspora* são menos frequentes em solos com  $\text{pH} > 6,5$  e P disponível (Mehlich I)  $> 6 \text{ mg kg}^{-1}$  solo. Relacionar as características do solo com a ocorrência de FMAs representa uma tentativa de explicar os efeitos de processos locais/ecológicos atuando sobre a diversidade fúngica local, ou seja, um número de espécies dentro de um hábitat pequeno e homogêneo. Assim, os aspectos ecológicos de vegetação podem explicar melhor a diversidade de FMAs do que os atributos químicos do solo.

De acordo com Stürmer (1999), espécies de *Acaulospora* são mais frequentes em solos ácidos. A maior ocorrência dos gêneros *Glomus* e *Acaulospora*, verificada neste estudo, corrobora os dados obtidos por Gomes e

Trufem (1998), Carrenho, Trufem e Bononi (2002), Souza et al. (2003) e Caproni et al. (2003), que encontraram estes dois gêneros dominando, em termos de abundância e diversidade.

As propriedades químicas avaliadas apresentaram grande influência na ocorrência das espécies de FMA nas fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia (Figura 4). Porém, a composição diferenciada de FMA encontrada neste estudo pode estar contribuindo para a heterogeneidade desses ambientes, tendo em vista que a diversidade e a produtividade das comunidades vegetais estão intimamente ligadas com a diversidade de FMA (SOUZA; SILVA; BERBARA, 2008).

O conhecimento da composição das espécies de FMAs numa área é primordial para estudar os impactos de qualquer tipo de prática de manejo agrícola sobre eles. Segundo Sturmer e Siqueira (2008), a lógica por trás disso está em os pesquisadores poderem focar seus esforços para aumentar a população daquelas espécies que provarem ser altamente eficientes no aumento da produção vegetal. De modo prático, o uso de espécies de FMAs com uma distribuição ampla implica que o inóculo micorrízico produzido com uma ou mais espécies pode ser potencialmente utilizado sob diferentes condições de solo e clima.

A produção de esporos é um mecanismo de perpetuação da espécie e que ocorre quando os FMAs são submetidos a algum tipo de estresse ambiental (hídrico, térmico e outros) e/ou edáficos (adubação, ausência de plantas e outros) (GUADARRAMA; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, 1999). Os períodos de amostragem não diferiram em relação ao teor de umidade. Ambos os períodos apresentavam-se em estresse hídrico, o que proporcionou uma maior esporulação dos FMAs, principalmente daqueles que se apresentaram com baixa capacidade de esporular, sendo, assim, possível sua recuperação (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Quanto à identificação das espécies das amostras de solo coletadas em campo e dos isolados na casa de vegetação, foram encontrados 17 isolados que não foram identificados, em nível de espécie, pois apresentaram características diferentes dos materiais similares na literatura (Quadro 4). Destas, treze pertencem ao gênero *Glomus* e quatro ao gênero *Gigaspora*. As análises foram realizadas por meio do tamanho padrão da espécie, da coloração, das características de paredes, das ornamentações e de outras características que auxiliassem na identificação da espécie (SCHENK; PEREZ, 1990; BENTIVENGA; MORTON, 1995).

Acredita-se que parte do material que não tenha sido precisamente identificada, em nível de espécie, possa tratar-se de espécies ainda não identificadas, visto a ausência de trabalhos de ocorrência de FMAs em solos do Pantanal, o que necessita de confirmação morfológica e genética. Esporos coletados em campo podem levar a erros na identificação (SOUZA; SILVA; BERBARA, 2008), pois os mesmos podem apresentar paredes infectadas por outros microrganismos e isso leva a uma imprecisão ao determinar qual seria a espécie. A idade do esporo também é fator limitante em estudos de ocorrência de FMAs, pois esporos muito velhos não podem ser identificados com precisão (DOUDS; MILLNER, 1999).

A frequência de ocorrência (Quadro 5) determina o quanto uma espécie é distribuída na área amostral, ou seja, provê uma medida se a espécie é rara ou comum dentro do ecossistema e pode estar relacionada diretamente com a esporulação fúngica (SAGGIN JÚNIOR; SIQUEIRA, 1996) ou não (STURMER; BELLEI, 1994). Segundo Sturmer e Siqueira (2008), a frequência de ocorrência também fornece alguns indícios de quão adaptada uma espécie está às várias condições ambientais e de solo.

A frequência de ocorrência dos gêneros de FMAs recuperados em função da época de coleta encontra-se no Quadro 5. Pelos resultados, houve

variação quanto à frequência de ocorrência dos gêneros, quando se comparam os períodos de amostragem. No primeiro período amostral, considerado como período seco, em média, os gêneros *Acaulospora* e *Scutellospora* apresentaram 43% de frequência, respectivamente. O gênero *Glomus* apresentou, em média, 28% de frequência enquanto o gênero *Gigaspora*, apenas 9%. No segundo período amostral, considerado como chuvoso, a frequência de ocorrência variou entre os gêneros, apresentando uma redução no valor da média do gênero *Acaulospora* para 21% e no gênero *Glomus* para 18%. O gênero *Gigaspora* apresentou acréscimo, em comparação ao primeiro período, tendo apresentado 34% de frequência, bem como o gênero *Scutellospora*, para o qual também houve acréscimo para 53%. Houve predominância nas fitofisionomias dos gêneros *Acaulospora* e *Scutellospora*, no primeiro período amostral e predominância de *Gigaspora* e *Scutellospora*, no segundo período amostral.

Apesar da baixa frequência de ocorrência das espécies do gênero *Glomus*, este apresentou ampla variedade fenotípica, indicando sua grande capacidade de esporulação e alta adaptabilidade a ambientes distintos, como também foi observado por Caproni et al. (2003), sugerindo grande riqueza de espécies presentes. Tal fato demonstra a grande diversidade genética neste gênero que, em estudos moleculares, está sendo extremamente subdividido taxonomicamente (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006).

Stürmer E Siqueira (2011), avaliando a riqueza de espécies de FMAs, em diferentes usos do solo na Amazônia brasileira (pastagens, culturas perenes, sistemas agroflorestais e uma floresta secundária), verificaram que os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* compreenderam 84% de todas as espécies e que o uso do solo não promoveu redução da diversidade destes organismos.

Em estudo realizado por Silva et al. (2006), no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar, em Ubatuba (SP), constatou-se que os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* foram os de maior frequência de ocorrência nas

diferentes coberturas vegetais (plântio de banana entremeada à floresta, plântio de mandioca, área de capoeira e floresta secundária), em todos os tratamentos estudados.

O gênero *Gigaspora* apresentou-se como o de menor frequência no primeiro período amostral. Tal fato pode ser explicado, uma vez que a formação dos esporos requer a transferência de carboidratos da planta para o fungo e, no caso do gênero *Gigaspora*, o tempo é maior quando comparado ao de outros gêneros, como o *Glomus*, por exemplo, em função do tamanho do esporo. Picone (2000) citou que o tamanho dos esporos tem grande influência no seu processo de formação. Essa característica, aliada à menor oferta de carboidratos da planta para o fungo no período seco, pode explicar a baixa frequência de esporos do gênero *Gigaspora*, neste estudo. Este gênero ocorre abundantemente em solos com baixo pH (BAZZO et al., 2012), sendo considerado sensível às perturbações no solo. Isto pode ser devido à sua filogenia, já que não apresenta vesículas, dificultando o armazenamento de reservas de energia que serviriam como propágulos (SCHENK; PÉREZ, 1990).

Quadro 5 Frequência de ocorrência das espécies identificadas nas diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia

FMA (Abreviação)	Frequência seco (%)	Frequência chuvoso (%)
<i>Acaulospora spinosa</i> (Asp)	57	-
<i>Acaulospora morowiae</i> (Am)	86	29
<i>Acaulospora scrobiculata</i> (Asc)	57	-
<i>Acaulospora mellea</i> (Ame)	14	57
<i>Acaulospora colombiana</i> (Aco)	43	-
<i>Acaulospora longula</i> (Alo)	-	29
<i>Acaulospora tuberculata</i> (Atu)	43	29
<i>Acaulospora</i> sp1	86	-
<i>Paraglomus occultum</i> (Poc)	29	14
<i>Ambispora leptoticha</i> (Ale)	71	43
<i>Racocetra gregaria</i> (Rgr)	-	29
<i>Racocetra biornata</i> (Rbi)	43	43
<i>Claroideoglopus etunicatum</i> (Cet)	14	14
<i>Glomus dhiaphanum</i> (Gld)	29	-
<i>Rhizophagus clarus</i> (Rcl)	43	-
<i>Glomus intraradices</i> (Glin)	29	-
<i>Glomus</i> sp1 (G11)	43	43
<i>Glomus</i> sp2 (G12)	43	29
<i>Glomus</i> sp3 (G13)	71	43
<i>Glomus</i> sp4 (G14)	57	29
<i>Glomus</i> sp5 (G15)	43	-
<i>Glomus</i> sp6 (G16)	43	29
<i>Glomus</i> sp7 (G17)	29	-
<i>Glomus</i> sp8 (G18)	14	14
<i>Glomus</i> sp9 (G19)	-	29
<i>Glomus</i> sp10 (G110)	-	14
<i>Glomus</i> sp11 (G111)	-	29
<i>Glomus</i> sp12 (G112)	-	14
<i>Glomus</i> sp13 (G113)	-	14
<i>Gigaspora margarita</i> (Gma)	14	14
<i>Gigaspora</i> sp1 (Gi1)	14	43
<i>Gigaspora</i> sp2 (Gi2)	-	43
<i>Gigaspora</i> sp3 (Gi 3)	-	57
<i>Gigaspora</i> sp4 (Gi4)	14	14
<i>Scutellospora pellucida</i> (Spe)	71	71
<i>Scutellospora heterogama</i> (She)	100	100
<i>Scutellospora rubra</i> (Sru)	-	29
<i>Scutellospora gregaria</i> (Sgr)	-	14

A análise de componentes principais (ACP) mostrou a separação das diferentes fitofisionomias, em função dos atributos químicos e das espécies encontradas nestes ambientes (Figura 4).

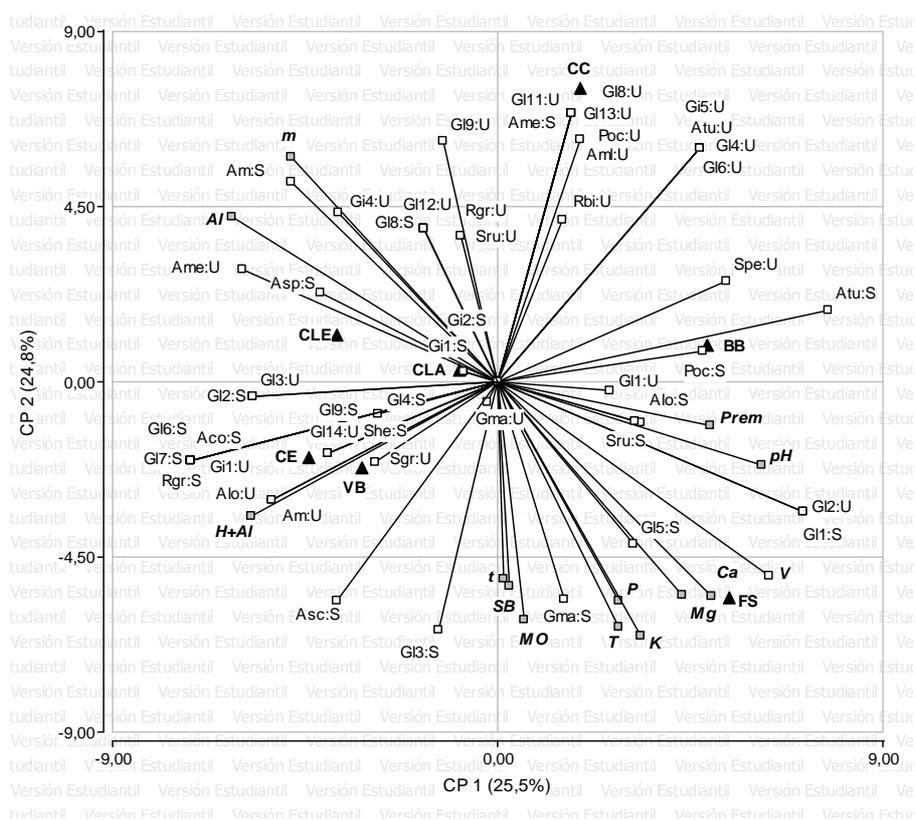


Figura 4 Diagrama de ordenação (PCA) das espécies de FMA encontradas nas fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia, nos dois períodos amostrados. As espécies de FMAs estão abreviadas e a lista completa encontra-se no Quadro 5

Esta composição diferenciada entre as fitofisionomias estudadas pode ser observada discretamente no diagrama da ACP (Figura 4), em que os dois primeiros eixos explicaram 50,3% do total da variância (Eixo 1 = 25,5%, Eixo 2 = 24,8%). FS, BB e CC ficaram separadas das demais fitofisionomias pelo eixo

2. Os atributos químicos MO, SB, T, t, V, Ca, Mg, P, Prem e pH foram os que mais influenciaram a separação da FS e da BB dos demais ambientes. Verificou-se que, na fitofisionomia FS, a ocorrência de FMAs foi restrita, provavelmente, pela baixa diversidade de plantas simbióticas e também devido ao melhor estado nutricional deste ambiente (Quadro1), diferentemente o que foi verificado para o CC, que apresentou uma maior ocorrência destes organismos. Os demais ambientes (CLA, CLE, VB e CE) estão mais associados aos atributos relacionados à acidez do solo, tendo sido verificada uma maior ocorrência destes fungos nesses ambientes sob tal condição de fertilidade.

A riqueza detectada neste estudo indica que o Pantanal constitui importante fonte de diversidade de FMAs e que estudos futuros sobre a interação dos FMAs com espécies nativas presentes nas fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia são fundamentais para a preservação e a manutenção deste ecossistema, além de contribuir para o conhecimento da distribuição geográfica dos FMAs no território brasileiro.

#### 4 CONCLUSÕES

Foram recuperadas 37 espécies distintas de FMAs, nas diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia, evidenciando elevada diversidade deste grupo de fungos.

A abundância e a riqueza de espécies variaram entre as fitofisionomias, sendo maior no Cerradão e no Campo Cerrado e muito reduzidas na Floresta semidecídua.

As espécies recuperadas com maiores frequências foram *Scutellospora heterogama*, *Scutellospora pellucida*, *Acaulospora morowiae* e *Glomus* sp3, as quais foram dominantes nos dois períodos amostrados nas diferentes fitofisionomias estudadas. *Scutellospora heterogama* foi a espécie que apresentou maior adaptabilidade as fitofisionomias do Pantanal e aos períodos de inundação.

Os atributos químicos associados à diversidade de plantas dentro de cada fitofisionomia auxiliaram na separação dos ambientes e na ocorrência das espécies de FMAs, nos ambientes estudados.

#### AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Lavras e à Embrapa Pantanal, pelo apoio institucional e ao CNPq (processo CNPq 470551/2007-0), à CAPES e à FUNDECT, pelo apoio financeiro. Ao técnico em laboratório Manoel Aparecido da Silva, pela contribuição na classificação dos FMAs.

## REFERÊNCIAS

BALZARINI, M.; DI RIENZO, J. **InfoGen**: software estadístico para el análisis de datos genéticos. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba, 2004. Disponível em: <www.info-gen.com.ar>. Acesso em: 24 jul. 2012.

BARTZ, M. L. C. et al. Comparação entre as técnicas de amostragem direta em campo e cultura-armadilha para mensuração da diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares. **Hoehnea**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 159-164, maio 2008.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.

BAZZO, J. C. **Atributos biológicos do solo em diferentes unidades de vegetação do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação do Solo e da Água) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BAZZO, J. C. et al. Aspectos geofísicos e ambientais do pantanal da Nhecolândia. **Revista de Geografia**, Pernambuco, v. 29, n. 1, p. 141-161, 2012.

BENTIVENGA, S. P.; MORTON, J. B. A Monograph of the genus gigaspora, incorporating development patterns of morphological characters. **Mycologia**, New York, v. 87, n. 3, p. 719-731. May/June 1995.

BERBARA, L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. C. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. v. 8, p. 53-88.

BLANCHARD, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 29, n. 1, p. 71-72, Jan. 1965.

CAPRONI, A. L. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi occurrence in revegetated areas after bauxite mining at Porto Trombetas, Para State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p.1409–1418, set. 2003.

CARDOSO, E. L. et al. Qualidade química e física do solo sob vegetação Arbórea nativa e pastagens no pantanal Sul-mato-grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 613-622, mar. 2011.

CARDOSO, E. L. **Qualidade do solo em sistemas de pastagens cultivada e nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense**. 2008. 153 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

CARRENHO, R. et al. Fungos micorrizicos arbusculares em agrossistemas brasileiros. In: SIQUEIRA, J. O. et al. (Ed.). **Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010. p. 154–214.

CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R. Effects of using different hosts plants on the detected biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi from an agroecosystem. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 95-101, jan./mar. 2002.

CARVALHO, F. de et al. The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 52, p. 9-19, jan. 2012.

COMASTRI FILHO, J. A. **Pastagens nativas e cultivadas no Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá: EMBRAPA-UEPAE, 1984. (Circular técnica, 13).

CORDOBA, A. S. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi along a sand dune stabilization gradient: a case study at Praia Joaquina, Ilha de Santa Catarina, South Brazil. **Mycoscience**, Tokyo, v. 42, p. 379-387, 2001.

DANDAN, Z.; ZHIWEI, Z. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the Jinsha River, southwest China. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 37, n. 1, p. 118-128, Oct. 2007.

DOUDS, D. D.; MILLNER, P. D. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 74, p. 77-93, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

FERREIRA, D. A.; CARNEIRO, M. A. C.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em um latossolo vermelho sob manejos e usos no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 51-61, jan./fev. 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogene, species extratect from soil by wetsieving and decanting. **Transaction British of the Mycological Society**, London, v. 46, n. 2, p. 235-246, June 1963.

GOMES, S. P.; TRUFEM, S. F. B. Fungos micorrízicos arbusculares (Glomales, Zygomycota) na Ilha dos Eucaliptos, represa do Guarapiranga, São Paulo, SP. **Acta Botânica Brasilica**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 393-401, 1998.

GUADARRAMA; P.; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ F. J. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different environments in a tropical rain Forest, Veracruz, Mexico. **Mycorrhiza**, New York, v. 8, n. 5, p. 267-270, Mar. 1999.

GUADARRAMA-CHÁVEZ, P. et al. Los hongos micorrizógenos arbusculares de la region de Nizanda, Oaxaca, México. **Boletín/Sociedad Botánica de Mexico**, Mexico, v. 81, p. 133–139, 2007.

HOOGLAND, D. C.; ARNON, D. I. **The water culture method of growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1950.

INTERNATIONAL CULTURE COLLECTION OF (VESICULAR) ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI. [S.l.:s.n], 2012. Disponível em: <<http://invam.caf.wvu.edu>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

JEFFRIES, P. et al. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 37, p.1–16, 2003.

JOHNSON, N. C.; PFLEGER, F.L. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. In: BETHLENFALVAY, G. J.; LINDERMAN, R. G. (Ed.). **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison, ASA, 1992. p. 71-97.

KLIRONOMOS, J. N. et al. The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity. **Ecology Letters**, Oxford, v. 3, n. 2, p. 137-141, Mar. 2000.

LEAL, P. L.; STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Occurrence and Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from soils under different land use systems in the Amazon, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 40, p. 111-121, Feb. 2009.

LOSS, A. et al. Atributos químicos do solo e ocorrência de fungos micorrízicos sob áreas de pastagens e sistema agroflorestal, Brasil. **Acta Agronômica**, Palmira, v. 58, n. 2, p. 91-95, 2009.

LOVELOCK, C. E.; ANDERSON, K.; MORTON, J. B. Arbuscular mycorrhizal communities in tropical forests are affected by host tree species and environment. **Oecologia**, Berlim, v. 135, p. 268–279, Feb. 2003.

MAIA, L. C.; TRUFEM, S. F. B. Fungos micorrízicos vesículo- arbusculares em solos cultivados no estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.13, n. 2, p.89-95, Dec. 1990.

MANGAN, A. S. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi across a fragmented forest in Panama: insular spore communities differ from mainland communities. **Oecologia**, Berlim, v. 141, p. 687–700, Apr. 2004.

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

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006.

MOREIRA-SOUZA, M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Mycorrhiza**, New York, v. 13, n. 4, p. 211-215, Aug. 2003.

MORTON, J. B. Problems and solutions for the integration of Glomalean taxonomy, systematic biology, and the study of endomycorrhizal phenomena. **Mycorrhiza**, New York, v. 2, n. 2, p. 97–109, Dec. 1993.

PHYLOGENY and taxonomy of Glomeromycota ('arbuscular mycorrhizal (AM) and related fungi'). **Phylogeny**, New York, 2010. Disponível em: <<http://www.amf-phylogeny.com>>. Acesso em: 22 abr. 2012.

POTT, A. **Pastagens no Pantanal**. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1988. (Documentos, 7).

SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SOQUEIRA, J. O. Micorrizas Arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1996. p. 203-254.

SANTOS, R. D. et al. Pedologia. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) – PCBAP diagnóstico dos meios físicos e bióticos**: meio físico: volume 2. Brasília, 1997. p. 121-293.

SANTOS, S. A. et al. Composição botânica da dieta de bovinos em pastagem nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal. **Revista Brasileira Zootecnia**, Piracicaba, v. 31, n. 4, p. 1648-1662, jul./ago. 2002.

SCHENCK, N. C.; PEREZ, Y. “**Manual for identification of VA mycorrhizal fungi.**” Gainesville: Synergistic Publications, 1990.

SILVA, C. F. et al. Fungos Micorrízicos Arbusculares em áreas no Entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 1, p. 1-10, 2006.

SILVA, G. A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in a semiarid copper mining área in Brazil. **Mycorrhiza**, New York, v. 15, n. 1, p. 47-53, Jan. 2005.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 10, p. 1703-1711, out. 1998.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E de. Occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizae in agroecosystems and natural ecosystems of Minas Gerais State. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 10, p.1499-1506, out. 1989.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STURMER, S. L. Fungos micorrizicos arbusculares: características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 12-21, mar./abr. 2002.

SOUZA, F. A. de et al. Classificação e taxonomia de Fungos Micorrizicos Arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010. p. 1–14.

SOUZA, F. A. de; SILVA, I. C. L. da; BERBARA, R. L. L. Fungos micorrizicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. p. 483–536.

SOUZA, F. A.; SILVA, I. C. L.; BERBARA, R. L. L. Fungos micorrizicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: Universidade Federal de Lavra, 2008. p. 483-536.

SOUZA, R. G. et al. Diversity and infectivity potencial of arbuscular mycorrhizal fungi in an area of Caatinga in the Xingo, Region, State of Alagoas, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.26, n. 1, p. 49–60, Mar. 2003.

STADDON, P. L. et al. Mycorrhizal fungi abundance as affected by long-term climatic manipulations in the field. **Global Change Biology**, Oxford, v. 9, n. 2, p. 186-194, Feb. 2003.

STÜRMER S. L.; STÜRMER, R.; PASQUALINI, D. Taxonomic diversity and community structure of arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota) in three maritime sand dunes in Santa Catarina state, south Brazil. **Fungal Ecology**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 27-36, Feb. 2013.

STÜRMER, S. L. et al. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in soils of early stages of a secondary succession of Atlantic Forest in South Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 513–521, jul./set. 2006.

STURMER, S. L. Evolução, classificação e filogenia dos fungos micorrízicos arbusculares. In: SIQUEIRA, J. O. et al. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 797-817.

STÜRMER, S. L.; BELLEI, M. M. 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**, Ottawa, v. 72, p. 359-363, 1994.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em ecossistemas brasileiro. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. p. 537–584.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazilian ecosystems. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Oxfordshire: CABI, 2006. p. 206–236.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in western Brazilian amazon. **Mycorrhiza**, New York, v. 21, n. 4, p. 255–267, June 2011.

TCHABI, A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub-Saharan savannas of Benin, west Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. **Mycorrhiza**, New York, v. 18, n. 3, p. 181-195, Mar. 2008.

TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **Canoco reference manual and users guide to canoco for windows**: software for canonical community ordination (Version 4). New York: Centre for Biometry, 1998.

VAN RAIJ, B. Mecanismos de interação entre solos e nutrientes. In: VAN RAIJ, B. (Ed.). **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. p. 17-31.

VETTORI, L. **Métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969. (Boletim Técnico, 7).

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE. Szczecin: NIP, 2012. Disponível em: <<http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski>>. Acesso em: 15 abr. 2012.

ZANGARO, W. et al. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do Rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 77-87, 2002.

ZANGARO, W. et al. Root mycorrhizal colonization and plant responsiveness are related to root plasticity, soil fertility and successional status of native woody species in southern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 23, p. 53-62, 2007.

ZHANG, Y.; GUI, L. D.; LIU, R. J. Survey of arbuscular mycorrhizal fungi in deforested and natural forest land in the subtropical region of Dujiangyan, southwest China. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 261, n. 1-2, p. 257-263, Apr. 2004.

ZHAO, Z. W.; WANG, G. H.; YANG, L. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a tropical rainforest of Xishuangbanna, southwest China. **Fungal Diversity**, China, v. 13, p. 233-242, 2003.

### CAPÍTULO 3

#### OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM PASTAGENS NATIVAS NO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA, MS

Plínio Henrique Oliveira Gomide, Marx Leandro Naves Silva, Cláudio Roberto Fonseca Sousa Soares, Evaldo Luis Cardoso, Fernanda de Carvalho, Patrícia Lopes Leal, Sidney Luiz Sturmer e Diego Antonio França de Freitas.

#### RESUMO

No Pantanal Mato-Grossense a pecuária de corte representa a principal atividade econômica e as pastagens nativas constituem a base da alimentação dos herbívoros. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) sob pastagens nativas situadas em três distintos gradientes na paisagem caracterizada pela predominância de *Hymenachne amplexicaulis* (sujeita à inundação sazonal), *Axonopus purpusii* (sujeita à inundação ocasional) e *Mesosetum chaseae* (livre de inundação), submetidas ao sistema de pastejo contínuo e sem pastejo, por quatro anos, em Neossolo Quartzarênico, no Pantanal da Nhecolândia, MS. Amostras de solo foram coletadas na camada de 0-10 cm, com cinco repetições, em duas épocas do ano (agosto/2009 e abril/2010), em cada pastagem nativa, totalizando 60 amostras. Parte do solo retirado de campo foi cultivada, em casa de vegetação, com *Brachiaria brizantha*, visando à recuperação de espécies que não puderam ser encontradas *in situ*. Os atributos químicos analisados foram os componentes do complexo sortivo, pH, MO, CTC potencial, CTC efetiva, SB, V, m; físicos: Ds, Ks, porosidade total, macro e microporos, análise granulométrica e umidade do solo e biológicos: ocorrência de FMAs, riqueza e abundância de esporos. Foi verificada a ocorrência de 31 espécies de FMAs nas duas estações. As espécies foram distribuídas em cinco gêneros: *Acaulospora*, *Paraglomus*, *Gigaspora*, *Scutellospora* e *Glomus*. A abundância e a riqueza de espécies variaram entre as pastagens, sendo maior na pastagem *Axonopus purpusii* vedada e muito reduzida nas pastagens *Hymenachne amplexicaulis* vedada e pastejada. A análise de componentes principais demonstrou a separação das pastagens, tendo a pastagem *Hymenachne amplexicaulis* vedada e pastejada ficado separada das demais, em detrimento de alguns atributos físico-químicos (Pt, macro, umidade, argila, silte, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Sb, V, t e MO), além da baixa ocorrência de FMAs.

Palavras-chave: *Axonopus purpusii*. *Hymenachne amplexicaulis*. *Mesosetum chaseae*. Riqueza de espécies.

## ABSTRACT

In the Pantanal of Mato Grosso beef cattle is the main economic activity and native pastures constitute the staple diet of herbivores. This study was realized with the objective to evaluate the occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs) under native pastures located in three distinct gradients in landscape characterized by the predominance of *Hymenachne amplexicaulis* (subject to seasonal flooding), *Axonopus purpusii* (subject to occasional flooding) and *Mesosetum chaseae* (free flood), subjected to continuous grazing and ungrazed for 4 years in a Neosol Quartzarenic, Pantanal - Nhecolândia, MS. Soil samples were collected at 0-10 cm, with five replicates in two seasons (august/2009 and april/2010) in each native pasture, totaling 60 samples. Part of the soil taken from the field was grown in a greenhouse with *Brachiaria Brizantha*, seeking recovery of species that could not be found *in situ*. The chemical components analyzed were components of the sorption complex, pH, MO, CTC potential, CTC effective, SB, V, m, physical: Ds, Ks, overall porosity, macro and micropores, particle size analysis and soil moisture and biological: occurrence of AMFs, richness and abundance of spores. The occurrence of 31 AMFs species was verified in both seasons. The species were distributed in five genera: *Acaulospora*, *Paraglomus*, *Gigaspora*, *Scutellospora* and *Glomus*. The abundance and richness species varied among pastures, being higher in the pasture *Axonopus purpusii* fenced and very low in pastures *Hymenachne amplexicaulis* fenced and grazed. The principal component analysis showed the separation of pastures, having the pasture *Hymenachne amplexicaulis* fenced and grazed were separated from the remaining pastures in detriment of some physical-chemical attributes (Pt, macro, moisture, clay, silt, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Sb, V, t and MO), and the low occurrence of AMFs.

**Keywords:** *Axonopus purpusii*. *Hymenachne amplexicaulis*. *Mesosetum chaseae*. *Species richness*.

## 1 INTRODUÇÃO

No bioma Pantanal, marcado pela elevada fragilidade ambiental e reconhecido, em âmbito mundial, como de grande importância para a manutenção da biodiversidade, a principal atividade econômica é a pecuária de corte (CARDOSO et al., 2009; BAZZO et al., 2012). Como alternativa para aumentar a oferta de forragens e elevar a produtividade da pecuária pantaneira, têm sido realizados desmatamentos para a implantação de pastagens, gerando preocupação quanto à sustentabilidade desses agroecossistemas, uma vez que essas pastagens são implantadas em solos de textura arenosa e com baixa fertilidade natural (CARDOSO et al., 2011).

Sabe-se que a eliminação da vegetação por meio do desmatamento causa alterações dos atributos físicos e químicos do solo, afetando a ocorrência e a atividade biológica do solo, principalmente dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).

Os FMAs representam um importante componente da microbiota do solo em ecossistemas naturais e agrícolas. Estes organismos estabelecem relações mutualísticas com aproximadamente 80% das espécies vegetais, agindo como uma extensão do sistema radicular das plantas, contribuindo para uma maior absorção e utilização dos nutrientes do solo (SIQUEIRA; LAMBAIS; STURMER, 2002). Eles auxiliam na translocação de nutrientes, disponibilizando-os para as células do córtex de raízes de plantas micotróficas (SOUZA; SILVA; BERBARA, 2008). Em espécies micotróficas, especificamente as leguminosas, a associação micorrízica favorece a nodulação e a fixação do nitrogênio (SIQUEIRA; LAMBAIS; STURMER, 2002), amplia a capacidade de absorção de água e aumenta a resistência do sistema radicular da planta ao ataque de patógenos (JEFFRIES et al., 2003; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A participação dos FMAs na diversidade e no funcionamento dos ecossistemas tem sido reconhecida, principalmente devido ao seu efeito sobre a diversidade de plantas e a produtividade (SOUZA; SILVA; BERBARA, 2008). Eles são considerados importantes componentes na recuperação e no restabelecimento da vegetação em ecossistemas frágeis ou degradados, bem como na manutenção da biodiversidade de plantas e no funcionamento do ecossistema (DANDAN; ZHIWEI, 2007). Assim, o conhecimento da diversidade dos FMAs em pastagens é importante para o manejo destas e também como indicador de sua qualidade (LOSS et al., 2009). Em razão da importância dos FMAs nos ecossistemas, presume-se que o aumento da riqueza de espécies desses fungos possa proporcionar incremento no crescimento ou na diversidade das plantas, com benefícios para ambos os parceiros (KLIRONOMOS et al., 2000). A ocorrência e a densidade dos FMAs dependem das características da planta hospedeira, do fungo e de fatores edafoclimáticos (STADDON et al., 2003) e antrópicos, por meio da pressão exercida pelo manejo e uso dos solos (JOHNSON; PFLEGER, 1992).

Características físicas, como textura e condições de umidade do solo, aeração, inundação e a compactação, influenciam os FMAs (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Os solos com elevado teor de umidade ou sujeitos à inundação, portanto com aeração deficiente, como ocorre no bioma Pantanal, apresentam números de propágulos fungicos baixo, mas, mesmo após longos períodos de inundação, são observados propágulos fúngicos de FMAs, indicando que os fungos podem ter rápida capacidade de colonização desses ambientes com o estabelecimento das espécies vegetais micotróficas.

Os FMAs formam um grupo diverso, tanto em termos de número de espécies como em função (CARVALHO et al., 2012). Cento e vinte e duas espécies de FMA são conhecidas no Brasil, o que representa, aproximadamente, 56% da diversidade total (217 espécies) conhecida deste grupo no mundo

(SOUZA; SILVA; BERBARA, 2008; SOUZA et al., 2010). Todavia, os estudos são restritos a algumas formações vegetais ou ecossistemas, como os de Carvalho et al. (2012), em campo rupestre; Ferreira, Carneiro e Saggin Júnior (2012), no Cerrado; Stürmer e Siqueira (2011) e Leal, Stürmer e Siqueira (2009), no bioma amazônico; Carrenho et al. (2010), em agrossistemas; Silva et al. (2005), na Caatinga; Moreira-Souza et al. (2003); em floresta de araucária; Cordoba et al. (2001) e Sturmer, Stürmer e Pasqualini (2013), em dunas e Melloni, Siqueira e Moreira (2003) e Caproni et al. (2003), em áreas degradadas. Na tentativa de melhor entender o funcionamento e a diversidade de FMA associado a pastagens nativas do Pantanal, estudou-se, pela primeira vez, a composição específica das comunidades de FMA e avaliou-se a relação da diversidade destes organismos com características físico-químicas dos solos nesses ambientes de pastagens no Pantanal da Nhecolândia.

Estudos que buscam conhecer a diversidade e a ocorrência destes FMA em biomas de grande fragilidade ambiental contribuem com programas que visam à conservação e à recuperação desses ecossistemas. No entanto, verifica-se que são raros ou inexistentes estudos desenvolvidos e divulgados com esse intuito, no Pantanal. O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a ocorrência e a diversidade de espécies de FMAs e sua relação com as características físico-químicas dos solos sob pastagens nativas, situadas em três distintos gradientes na paisagem caracterizada pela predominância de *Hymenachne amplexicaulis* (sujeita à inundação sazonal), *Axonopus purpusii* (sujeita à inundação ocasional) e *Mesosetum chaseae* (livre de inundação), submetidas ao sistema de pastejo contínuo e sem pastejo por quatro anos, em Neossolo Quartzarênico, no Pantanal da Nhecolândia, MS.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram coletadas na Fazenda Nhumirim, área experimental da Embrapa Pantanal, localizada na latitude de 18° 59' 06" e 19° 00' 06" S e longitude de 56° 39' 40" e 55° 40' 40" W, sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense. O clima da região é classificado como tropical subúmido (Aw, Köppen), com inverno seco e chuvas no verão.

As áreas de estudo foram representadas por pastagens nativas situadas em três diferentes gradientes topográficos e submetidas ao sistema de pastejo contínuo e sem pastejo (área vedada) por quatro anos (parcelas de 10 x 10 m cercadas com fios de arame), correspondendo às seguintes coberturas vegetais especificada a seguir: área de cota mais elevada livre de inundação (exceção das grandes cheias), caracterizada pela predominância de *Mesosetum chuseae*, sob pastejo contínuo e sem pastejo por quatro anos (Figura 1a); área de cota intermediária (em posição topográfica ligeiramente inferior à anterior), sujeita à inundação ocasional, caracterizada pela predominância de *Axonopus purpusii*, sob pastejo contínuo e sem pastejo por quatro anos (Figura 1b); área com cota mais baixa, sujeita à inundação sazonal, caracterizada pela predominância de *Hymenachne amplexicaulis*, sob pastejo contínuo e sem pastejo por quatro anos (Figura 1c).

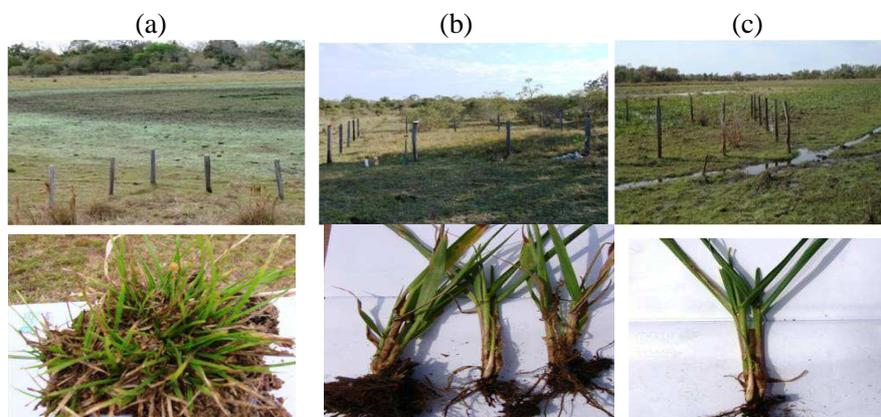


Figura 1 Fotos representativas das áreas de pastagens nativas do Pantanal da Nhecolândia, MS, demonstrando a área pastejada e vedada e fotos das gramíneas predominantes. (a) Pastagem sob predomínio de *Axonopus purpusii* (b) sob predomínio de *Mesosetum chaseae* e (c) pastagem sob predomínio de *Hymenachne amplexicaulis*

A primeira coleta foi realizada em agosto de 2009, época precedida de quatro meses com precipitações inferiores a 60 mm, e a segunda, em abril de 2010, sendo esta precedida de quatro meses com precipitações superiores a 60 mm, o que caracteriza esta época como chuvosa.

Os dados de precipitação pluviométrica e de temperatura, durante o período de amostragem, estão representados na Figura 2.

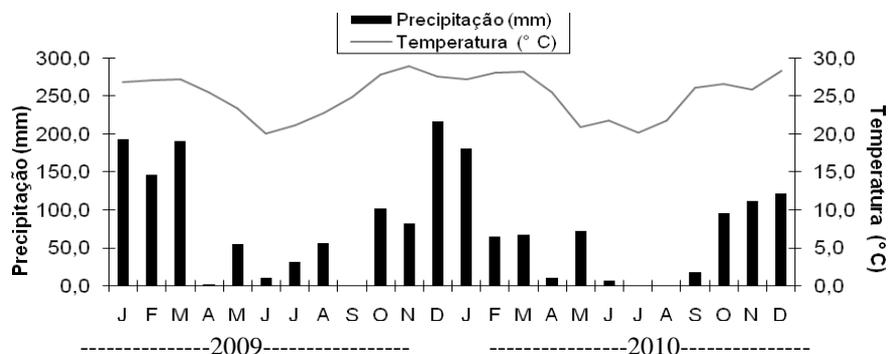


Figura 2 Precipitações e temperaturas durante os dois anos hidrológicos de condução dos estudos, no Pantanal da Nhecolândia, MS  
 Fonte (Embrapa - Pantanal)

O solo da área amostrada foi classificado como Neossolo Quartzarênico órtico, enquadrado na classe textural areia (Embrapa, 1997), cuja caracterização química está representada no Quadro 1.

Quadro 1 Atributos químicos nas diferentes pastagens nativas da sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense

Pastagens <sup>1</sup>	pH	P	K	Ca	Mg	Al	SB	t	T	V	m	MO
	H <sub>2</sub> O	...mg dm <sup>-3</sup> ...	.....cmolc dm <sup>-3</sup> .....	....%.....	.....cmolc dm <sup>-3</sup> .....	g kg <sup>-1</sup>						
<b>HAP</b>	6,0 a	2,6 c	327,0 b	4,8 a	1,0 a	0,0 b	6,8 a	6,80 a	13,6 a	48,8 a	2,0 c	68,0 a
<b>HAV</b>	6,0 a	1,8 c	335,8 a	4,0 b	1,0 a	0,0 b	5,4 b	6,00 b	13,4 a	43,4 b	2,4 c	56,0 b
<b>APP</b>	5,0 b	3,2 b	22,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 b	1,0 c	1,00 c	3,0 b	14,0 c	47,0 b	10,0 c
<b>APV</b>	5,0 b	2,6 c	26,2 c	0,2 c	0,6 b	1,0 a	1,0 c	1,00 c	3,2 b	17,0 c	48,0 b	10,0 c
<b>MP</b>	6,0 a	3,8 a	23,8 c	0,0 c	0,0 c	0,0 b	0,0 d	1,00 c	2,0 c	18,0 c	54,0 a	10,0 c
<b>MV</b>	5,8 a	3,3 b	23,8 c	0,0 c	0,0 c	0,2 b	0,0 d	1,00 c	2,0 c	17,4 c	45,2 b	10,0 c

<sup>1</sup> HAP – *Hymenachne amplexicaulis* pastejada; HAV - *Hymenachne amplexicaulis* vedada; APP – *Axonopus purpusii* pastejada; APV - *Axonopus purpusii* vedada; MP – *Mesosetum chaseae* pastejada; MV - *Mesosetum chaseae* vedada., Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Atributos químicos (SB: soma de bases trocáveis; t: CTC efetiva; T: CTC potencial; V: saturação por bases; m: saturação por Al<sup>3+</sup>; MO: matéria orgânica)

A amostragem do solo foi realizada em cada pastagem nativa, sob o sistema de pastejo contínuo e sem pastejo. Foram coletadas amostras com estruturas deformadas, retiradas com trado e indeformadas obtidas com o uso do amostrador de Uhland, na profundidade de 0-10 cm. De cada sistema de pastejo foram retiradas amostras compostas de cinco subamostras com cinco repetições, perfazendo 30 amostras por período amostrado, totalizando 60 amostras.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos esterilizados, protegidas da luz e mantidas em caixas térmicas até a chegada ao laboratório. Parte delas foi secas ao ar até massa constante e passada em peneiras com 2 mm de abertura para a determinação dos atributos químicos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997).

As análises físicas foram realizadas conforme metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979). A análise granulométrica do solo foi realizada pelo método da pipeta, segundo Day (1965), com o emprego de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>, como dispersante químico e agitação rápida (12.000 oscilações por minutos), durante 10 minutos. A densidade do solo foi determinada em amostras com estrutura indeformada (BLAKE; HARTGE, 1986). A porosidade total foi determinada segundo expressão preconizada por Danielson e Sutherland (1986) e a distribuição de poros por tamanho foi determinada utilizando-se unidade de sucção, com 60 cm de altura de coluna de água, para separação de macro e microporos. O volume de água retido nas amostras após o equilíbrio foi relacionado à microporosidade, sendo a macroporosidade obtida por diferença (GROHMANN, 1960; OLIVEIRA, 1968). A caracterização física das diferentes pastagens encontra-se no Quadro 2.

Quadro 2 Atributos físicos nas unidades de pastagens da sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul Mato-Grossense

Pastagens <sup>1</sup>	Ds	Pt	Macro	Micro	Areia	Silte	Argila
	Mg m <sup>-3</sup>	.....m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> .....	.....m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> .....	.....m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> .....	.....g kg <sup>-1</sup> .....	.....g kg <sup>-1</sup> .....	.....g kg <sup>-1</sup> .....
HAP	0,75 c	0,613 a	0,543 a	0,063 b	450	396	154
HAV	0,83 c	0,576 a	0,503 b	0,070 b	444	364	192
APP	1,57 a	0,386 b	0,266 c	0,113 a	880	64	56
APV	1,46 b	0,430 b	0,286 c	0,140 a	880	52	68
MP	1,62 a	0,380 b	0,286 c	0,093 b	930	30	40
MV	1,60 a	0,380 b	0,260 c	0,130 a	930	30	40

<sup>1</sup> HAP – *Hymenachne amplexicaulis* pastejada; HAV - *Hymenachne amplexicaulis* vedada; APP – *Axonopus purpusii* pastejada; APV - *Axonopus purpusii* vedada; MP – *Mesosetum chaseae* pastejada; MV - *Mesosetum chaseae* vedada. Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Atributos físicos: (Ds: densidade do solo; Pt: Porosidade total; Macroporosidade e Microporosidade)

A composição granulométrica média do solo dos ambientes de estudo é apresentada no Quadro 2. Os solos das pastagens APP, APV, MP e MV são enquadrados na classe textural areia, com valores superiores a 880 g kg<sup>-1</sup>. Os teores de argila destes ambientes variaram de 40 a 56 g kg<sup>-1</sup> e os de silte, de 30 a 64 g kg<sup>-1</sup>, corroborando os valores encontrados por Bazzo et al. (2012), nestas mesmas áreas. As pastagens sob HAP e HAV apresentaram textura média, com teores de argila superiores a 154 g kg<sup>-1</sup> e os de areia, acima de 364 g kg<sup>-1</sup>. A granulometria desses solos é resultado dos depósitos aluvionares à margem esquerda do rio Taquari, cujos sedimentos quaternários são de constituição essencialmente arenosa, favorecendo a formação de Neossolo Quartzarênico (CARDOSO, 2008).

Para a realização da extração de esporos de FMAs, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos estéreis Nasco<sup>®</sup> e mantidas sob refrigeração, em câmara fria (4 °C), até a utilização. A extração e a contagem dos esporos de FMAs foram realizadas retirando-se 50 mL de solo, que foram submetidos à extração de esporos, seguindo o processo padrão de separação, conforme Gerdemann e Nicolson (1963). As amostras foram repetidamente lavadas com

água corrente e, posteriormente, peneiradas. Utilizaram-se peneiras de malha de náilon de 40-50  $\mu\text{m}$  (para esporos pequenos), 100  $\mu\text{m}$  (para esporos médios) e 250  $\mu\text{m}$  (para esporos grandes e esporocarpos). O material retido nas peneiras foi transferido para tubos contendo um gradiente de sacarose (50%) e centrifugados, a 2.000 rpm, por dois minutos. O sobrenadante foi lavado e passado em uma peneira de 50  $\mu\text{m}$  e os esporos retidos foram transferidos para uma placa de Petri e contados com o auxílio de uma lupa microscópica Nikon SMZ-U.

A multiplicação dos FMAs provindos do campo em vasos de cultura armadilha prosseguiu do seguinte modo: cerca de 50 g do solo nativo puro foram misturados sobre um Neossolo Quartzarênico oriundo de Itutinga, MG, a fim de simular o solo original da área de estudo, em cada vaso e essa mistura foi colocada em vasos plásticos de 1,5 kg. Para garantir que este solo estivesse isento de propágulos de FMAs, este foi esterelizado, três vezes, em autoclave, a 121 °C, durante 1 hora. Antes da semeadura, as sementes das plantas hospedeiras empregadas (*Brachiaria brizantha*) foram desinfestadas por imersão em hipoclorito de sódio (0,5%), durante 15 minutos e tiveram a dormência interrompida com ácido sulfúrico concentrado. Depois de lavadas em água destilada, elas foram semeadas à profundidade de 2 cm do solo em cada vaso, colocando-se, aproximadamente, 50 sementes de braquiária por vaso. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação por 150 dias e irrigados regularmente. Foram adicionados, uma vez ao mês, 20 ml de solução nutritiva (HOOGLAND; ARNON, 1950), de forma a manter as necessidades nutricionais das plantas, caso estas apresentassem algum sintoma de deficiência. Foram feitos também rodízios na disposição física dos vasos na bancada. Para estimular mais a produção de raízes da espécie hospedeira, foi realizada a poda da parte aérea quando a mesma se encontrava já bastante desenvolvida.

A abundância de esporos de FMAs foi determinada por meio do número dos esporos em 50 ml de solo e a riqueza de espécies de FMAs, como sendo o número de esporos de FMAs produzidos por espécie, presentes em 50 ml de solo seco. A frequência de ocorrência dos FMAs foi determinada pelo número de uma dada espécie pelo número total de tratamentos (pastagens), expresso em porcentagem.

Após a contagem, os esporos foram transferidos para uma placa de Petri, separando-se, aleatoriamente, uma quarta parte do total. Estes foram agrupados pelas características de tamanho, cor e forma, e os grupos foram colocados em lâminas para microscopia com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG). Na mesma lâmina, um segundo grupo de esporos foi montado com PVLG + reagente de Melzer (1:1), sob outra lamínula e quebrados cuidadosamente para a exposição das paredes internas. Os resultados da reação de cor ao reagente de Melzer foram utilizados para caracterizar taxonomicamente as paredes dos esporos, melhorando, em alguns casos, a visibilidade, especialmente daqueles esporos com paredes aderentes ou muito finas.

Os esporos selecionados foram separados por morfotipos e contados, em placas de Petri e, depois, montados em lâminas com álcool polivinílico lactoglicerol (PVLG), para avaliação microscópica das características fenotípicas estruturais e identificação taxonômica, conforme Shenck & Pérez (1988) e descrição das espécies, conforme as páginas do International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi - INVAM (INVAM (INTERNATIONAL CULTURE COLLECTION OF (VESICULAR) ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI, 2012)); Arbuscular Mycorrhizal Fungi (Glomeromycota), *Endogone* and *Complexipes* species deposited in the Department of Plant Pathology, University of Agriculture in Szczecin, Poland: (ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE, 2012) e na página pessoal do pesquisador Arthur Schubler

(PHYLOGENY..., 2010). A interpretação das características taxonômicas foi feita mediante observações em microscópio óptico com iluminação de campo-claro e objetiva de imersão.

Estimaram-se a densidade de esporos de FMAs por meio do número dos esporos em 50 mL de solo e a densidade específica de esporos como sendo o número de esporos de FMA produzidos por espécie. A riqueza de espécies de FMA foi avaliada pelo número de espécies presentes em 50 mL de solo seco.

Os atributos físicos e químicos dos solos, e os dados de densidade de esporos e de diversidade foram submetidos a análises de variância e a teste de média (Scott-Knott, 5%), pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011). A análise de componentes principais (APC) foi realizada com as espécies de FMA identificadas, a fim de demonstrar a ordenação destas nas diferentes pastagens do Pantanal da Nhecolândia, além de identificar quais das propriedades do solo mostraram-se correlacionadas com as espécies (TER BRAAK; SMILAUER, 1998). O programa utilizado foi o Info-Gen ([www.Info-Gen.com.ar](http://www.Info-Gen.com.ar)).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A abundância de esporos e a riqueza de espécies podem ser observadas na Figura 3. Houve diferença significativa entre os ambientes avaliados, tendo, no período seco de amostragem, sido verificado que a pastagem APV foi a que apresentou maior abundância de esporos, tendo sido recuperados 847 esporos por 50 mL de solo.

Resultado semelhante ao da primeira amostragem foi observado no período chuvoso, quando, também na mesma pastagem, foi detectada maior abundância, com 978 esporos por 50 mL de solo. Nas mesmas pastagens, nas áreas pastejadas, foi evidente a redução da ocorrência dos FMAs, decorrente do pisoteio animal. Na pastagem vedada havia ocorrência de outras espécies (espontâneas) favorecendo os FMAs. Em ambos os períodos de amostragem, as pastagens HAV e HAP apresentaram o menor número de esporos, possivelmente pelo excesso de água nestes ambientes, uma vez que elas se encontram na parte mais baixa do mesorrelevo.

A estação seca tem sido considerada, por alguns autores, como a época de maior riqueza de espécies de FMA (GUADARRAMA; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, 1999; CAPRONI et al. 2003; SOUZA et al., 2003; TCHABI et al. 2008), corroborando os resultados deste estudo, sugerindo que a umidade favorece a germinação dos esporos, resultando em alta colonização e baixa produção de esporos (GUADARRAMA; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, 1999).

Segundo Daniels-Hetrick e Bloom (1986), uma maior esporulação por FMAs é atribuída aos hospedeiros que apresentam grande capacidade de fornecer fotoassimilados ao fungo, ou seja, plantas de rápido crescimento e abundante sistema radicular, como as gramíneas. As pastagens perenes, sobretudo aquelas constituídas por gramíneas, demonstram um grande efeito

rizosférico sobre os microrganismos, pelo fato de seu sistema radicular ser muito denso e apresentar renovação intensa (ROVIRA, 1978).

Foi evidente a maior abundância das pastagens nativas em relação às fitofisionomias estudadas no capítulo anterior, atingindo valores superiores a 800 esporos na pastagem nativa, com predominância de *Axonopus purpusii*.

Em relação ao sistema de pastejo, vedado e pastejo contínuo, na pastagem sob APV, o número de esporos foi significativamente maior, em comparação à pastagem APP, com incremento de 67% no período seco e de 61% no período chuvoso. Provavelmente, o efeito do pisoteio animal teve influência na abundância destes esporos, demonstrando que o pisoteio animal, além de comprometer a Ds, causou redução da densidade de esporos destes organismos.

A riqueza de espécies não acompanhou a abundância de esporos, apresentando uma variação entre as pastagens analisadas.

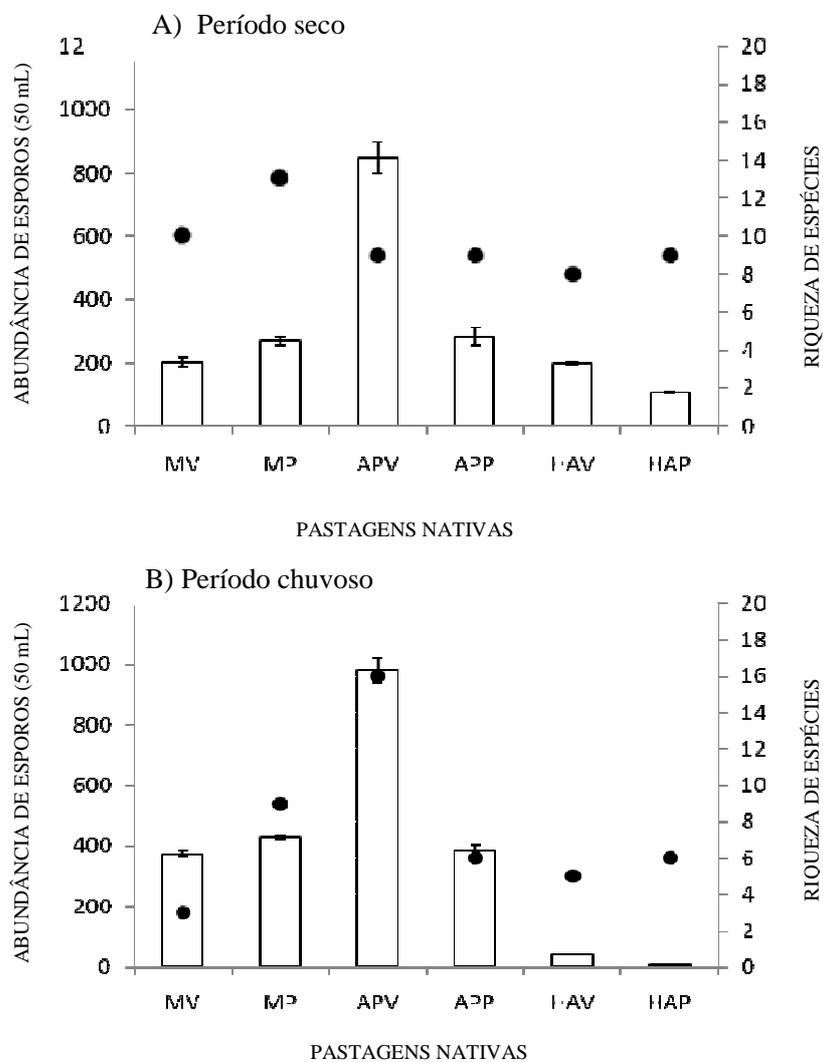


Figura 3 Abundância de esporos (barras) e riqueza de espécies (ponto) de FMAs encontrados nos dois períodos de coleta nas diferentes pastagens nativas (MV - *Mesosetum chaseae* vedada; MP - *Mesosetum chaseae* pastejada; APV - *Axonopus purpusii* vedada; APP - *Axonopus purpusii* pastejada; HAV - *Hymenachne amplexicaulis* vedada e HAP - *Hymenachne amplexicaulis* pastejada) do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. A) Período seco e B) Período chuvoso. Barras indicam erro padrão da média (n= 4)

O número de espécies, ou a riqueza de espécies obtidas nas diferentes pastagens nativas no período seco, decresceu na seguinte ordem: MP (13), MV (10), APP (9), APV (9), HAP (9) e HAV (8). No período chuvoso, a riqueza decresceu na seguinte ordem: APV (16), MP (9), APP (6), HAP (6), HAV (5) e MV (3) (Figura 3). A riqueza de espécies foi maior na pastagem *Mesosetum chaseae* no período seco, provavelmente em função da maior biomassa vegetal produzida, principalmente raízes, uma vez que esta pastagem encontra-se na parte mais alta do mesorrelevo, com baixa umidade, estimulando um maior enraizamento desta gramínea. A menor riqueza foi obtida na pastagem sobre predomínio de *Hymenachne amplexicaulis*, reflexo da elevada umidade desses locais.

No período chuvoso, a pastagem sob predomínio de *Axonopus purpusii* vedada foi a que apresentou maior riqueza de espécies de FMAs, havendo um acréscimo de 44% em relação ao período seco. Em contrapartida, a pastagem sob *Mesosetum chaseae* vedada apresentou redução de 70% em relação ao período seco.

Trinta e uma espécies de FMA foram recolhidas nos solos amostrados nas pastagens avaliadas neste estudo (Quadro 3). Foram detectados 13 morfotipos do gênero *Glomus* (*Glomeraceae*), 7 espécies de *Acaulospora* (*Acaulosporaceae*), 9 espécies da família *Gigasporaceae*, sendo, 5 *Gigaspora* e 4 espécies de *Scutellospora*. Das famílias *Ambisporaceae*, *Claroideoglomus* e *Paraglomeraceae*, apenas uma espécie de cada família foi encontrada. Pode-se observar, de modo geral, uma maior proporção na ocorrência do gênero *Glomus*, seguido de *Acaulospora* e *Gigaspora* em todos os habitats avaliados (Quadro 3 e Quadro 4).

A comunidade de FMAs recuperados nas pastagens do Pantanal da Nhecolândia foi dominada por *Glomus*, seguido por espécies de *Acaulospora*. Este padrão é semelhante ao observado em outros sistemas tropicais, como as

florestas na China (ZHAO; WANG; YANG, 2003; ZHANG; GUI; LIU, 2004), no Panamá (MANGAN et al., 2004), no Brasil (ZANGARO et al., 2007, STURMER; SIQUEIRA, 2006) e no México (GUADARRAMA-CHÁVEZ et al., 2007). Em contraste, o gênero *Acaulospora* foi o dominante, como verificado em floresta tropical na Costa Rica (LOVELOCK; ANDERSON; MORTON, 2003) e em vegetação secundária no Brasil (STURMER et al., 2006).

No Quadro 3 é possível perceber a riqueza e a ocorrência dos FMAs nas distintas pastagens. Das sete espécies da família *Acaulospora* encontradas, MV foi a pastagem com maior ocorrência desta espécie. Fato também observado na família Glomeraceae, tendo, neste mesmo ambiente, sido detectada a maior ocorrência destes fungos. As famílias *Paraglomeraceae*, *Ambisporaceae* e *Claroideoglossum* foram as que apresentaram apenas uma espécie, tendo sido encontrados em apenas alguns ambientes, como na MP, APP e APV (*Paraglossum*), MV, MP, APV e APP (*Ambispora*) e HAP (*Claroideoglossum*).

Quadro 3 Gêneros de fungos micorrízicos arbusculares e riqueza de espécies encontradas nas três pastagens nativas no Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil

Famílias/Gêneros de FMAs	MV	MP	APP	APV	HAV	HAP	Riqueza de espécies
Acaulosporaceae							
Acaulospora	6	4	4	3	0	1	7
Gigasporaceae							
Gigaspora	1	2	3	4	0	0	4
Scutellospora	1	2	2	2	1	0	4
Paraglomeraceae							
Paraglomus	0	1	1	1	0	0	1
Glomeraceae							
Glomus	10	4	3	4	4	3	13
Ambisporaceae							
Ambispora	1	1	1	1	0	0	1
Claroideoglomeraceae							
Claroideoglomus	0	0	0	0	0	1	1
Total Riqueza de Espécie	19	14	14	15	5	5	<b>31</b>

MV: *Mesosetum chaseae* vedado; MP: *Mesosetum chaseae* pastejado; APP: *Axonopus purpusii* pastejado; APV: *Axonopus purpusii* vedado; HAV: *Hymenachne amplexicaulis* vedado; HAP: *Hymenachne amplexicaulis* pastejado

Su e Guo (2007), em levantamento da diversidade realizado em sistemas de pastagem, na Mongólia, encontraram 19 táxons dentro de 6 gêneros de FMAs, tendo *Glomus* sido o gênero abundante em todos os sistemas de estudo, seguidos por *Scutellospora*, no sistema sem pressão de pastejo. Treseder e Cross (2006) determinaram que sistemas de savanas e pastagem tropicais tendem a apresentar maior diversidade de FMAs, quando comparadas a outros biomas do planeta. Isso pode ser explicado pela interação planta/fungo, o status da comunidade de plantas e o grau de infecção que cada FMA pode suportar, individualmente (KLIRONOMOS et al., 2000). Apesar do número elevado da diversidade de FMAs no Pantanal da Nhecolândia, a diversidade pode estar sendo subestimada, pois nem todos os componentes da comunidade micorrízica estão na forma de esporos (estrutura reprodutiva que permite que as espécies sejam identificadas morfológicamente) no momento da amostragem, impossibilitando que elas sejam discriminadas no inventário (BARTZ et al., 2008).

Quadro 4 Lista das espécies de fungos micorrízicos arbusculares e frequência de ocorrência nas diferentes pastagens nativas no Pantanal da Nhecolândia, em duas épocas de amostragem, período seco (S) e chuvoso (C)

Espécies de FMAs	MV		MP		APP		APV		HAV		HAP	
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
<b>Acaulosporaceae</b>												
<i>Acaulospora spinosa</i> Walker & Trappe	+	+	+		+	+		+				
<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & Schenck	+	+			+			+	+			
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe				+	+	+	+	+				+
<i>Acaulospora mellea</i> Spain & Schenck	+	+										
<i>Acaulospora colombiana</i> Spain & Schenck		+		+								
<i>Acaulospora longula</i> Spain & Schenck	+				+	+						
<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe	+		+									
<b>Paraglomeraceae</b>												
<i>Paraglomus occultum</i> (Walker) Morton & Redecker			+		+			+				+
<b>Ambisporaceae</b>												
<i>Ambispora leptoticha</i> (N.C.Shenck & G.S.Sm)		+		+		+			+			
<b>Claroideoglomeraceae</b>												
<i>Claroideoglomus etunicatum</i> (W.N.Becker & Gerd.)C. Walker & A. Schuessler												+
<b>Glomeraceae</b>												
<i>Glomus intraradices</i> Shenck & G.S.Sm										+		
<i>Glomus</i> sp1	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+
<i>Glomus</i> sp2	+		+						+	+	+	
<i>Glomus</i> sp3	+	+	+	+	+	+			+		+	
<i>Glomus</i> sp4	+	+						+				
<i>Glomus</i> sp5		+										+
<i>Glomus</i> sp6		+										
<i>Glomus</i> sp7		+										
<i>Glomus</i> sp8												

Quadro 4, conclusão

Espécies de FMAs	MV		MP		APP		APV		HAV		HAP	
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
<i>Glomus</i> sp9		+		+								
<i>Glomus</i> sp10		+										
<i>Glomus</i> sp11		+										
<i>Glomus</i> sp12						+						
<b>Gigasporaceae</b>												
<i>Gigaspora</i> sp1							+		+			
<i>Gigaspora</i> sp2		+		+					+			
<i>Gigaspora</i> sp3				+		+			+			
<i>Gigaspora</i> sp4						+			+			
<i>Scutellospora pellucida</i> (Nicolson & Schenck) Walker & Sanders						+		+	+			
<i>Scutellospora heterogama</i> (nicolson & Gerdemann) Wlaker & Sanders	+	+	+	+	+	+			+			
<i>Scutellospora rubra</i> Sturmer & Morton				+							+	
<i>Scutellospora gregaria</i> (Shenck & Nicolson) Walker & Sanders												+

MV: *Mesosetum chaseae* vedado; MP: *Mesosetum chaseae* pastejado; AP: *Axonopus purpusii* pastejado; AV: *Axonopus purpusii* vedado; HV: *Hymenachne amplexicaulis* vedado; HP: *Hymenachne amplexicaulis* pastejado

A produção de esporos é um mecanismo de perpetuação da espécie e que ocorre quando os FMAs são submetidos a algum tipo de estresse ambiental (hídrico, térmico e outros) e/ou edáfico (adubação, ausência de plantas e outros) (GUADARRAMA; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, 1999). O estresse hídrico tende a forçar uma esporulação dos indivíduos que estão presentes, colonizando as raízes (GUADARRAMA; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, 1999), e isso foi observado neste estudo, ou seja, elevada densidade de esporos nas pastagens com baixa umidade e baixa esporulação nas pastagens com elevada umidade, como nas pastagens HAV e HAP.

Quanto à identificação das espécies das amostras de solo coletadas em campo e dos isolados na casa de vegetação, foram encontrados 16 isolados que não foram identificados, a nível de espécie, pois apresentaram características diferentes aos materiais similares na literatura (Quadro 4). Destas, doze pertencem ao gênero *Glomus* e quatro ao gênero *Gigaspora*. As análises foram realizadas por meio de tamanho padrão da espécie, coloração, características de paredes, ornamentações e outras características que auxiliassem na identificação da espécie (SCHENK; PEREZ, 1990; BENTIVENGA; MORTON, 1995).

A frequência de ocorrência dos gêneros de FMAs recuperados encontra-se no Quadro 5. Pelos resultados, observa-se que houve variação quanto à frequência de ocorrência dos gêneros, quando se comparam os períodos de amostragem. No primeiro período amostral, considerado como período seco, o gênero *Acaulospora* apresentou 36% e *Scutelospora*, 34% de frequência de ocorrência. O gênero *Glomus* apresentou, em média, 20% de frequência. No segundo período amostral, considerado como chuvoso, a frequência de ocorrência variou entre os gêneros, apresentando uma redução no valor da média na frequência de ocorrência do gênero *Acaulospora* para 31%. O gênero *Glomus* apresentou acréscimo para 30%. O gênero *Gigaspora*, que não havia sido encontrado no período seco, apresentou valor de frequência de ocorrência de

42%, bem como o gênero *Scutelospora*, que também teve acréscimo de 54%. Houve predominância nas pastagens dos gêneros *Acaulospora* e *Scutelospora*, no primeiro período amostral e predominância de *Scutelospora* e *Gigaspora*, no segundo período amostral, tendo os gêneros *Acaulospora* e *Glomus*, neste mesmo período, apresentado, em média, 30%.

Apesar da baixa frequência de ocorrência das espécies do gênero *Glomus*, ele apresentou ampla variedade fenotípica, indicando sua grande capacidade de esporulação e alta adaptabilidade a ambientes distintos, como também foi observado por Caproni et al. (2003), sugerindo grande riqueza de espécies presentes. Tal fato demonstra a grande diversidade genética neste gênero que, em estudos moleculares, está sendo extremamente subdividido taxonomicamente (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006).

Segundo Stürmer e Siqueira (2008), a frequência de ocorrência fornece alguns indícios de quão adaptada uma espécie está às várias condições ambientais e de solo. Ela determina o quanto uma espécie é distribuída na área amostral, ou seja, provê uma medida para determinar se a espécie é rara ou comum dentro do ecossistema e pode estar relacionada diretamente com a esporulação fúngica (SAGGIN JÚNIOR; SIQUEIRA, 1996) ou não (STURMER; BELLEI, 1994).

Stürmer e Siqueira (2011), avaliando a riqueza de espécies de FMAs em diferentes usos do solo na Amazônia brasileira (pastagens, culturas perenes, sistemas agroflorestais e uma floresta secundária), verificaram que os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* compreenderam 84% de todas as espécies e observaram que o uso do solo não promoveu redução da diversidade destes organismos.

Em estudo realizado por Silva et al. (2006), no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar, em Ubatuba, SP, verificaram que os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* foram os de maior frequência de ocorrência nas diferentes coberturas vegetais (plantio de banana entremeada à floresta, plantio

de mandioca, área de capoeira e floresta secundária), em todos os tratamentos estudados.

O gênero *Gigaspora* não foi detectado no primeiro período amostral, o que fato pode ser explicado, uma vez que a formação dos esporos requer a transferência de carboidratos da planta para o fungo e, no caso do gênero *Gigaspora*, o tempo é maior quando comparado a outros gêneros, como o *Glomus*, por exemplo, em função do tamanho do esporo. Picone (2000) constatou que o tamanho dos esporos tem grande influência no seu processo de formação. Esta característica, aliada à menor oferta de carboidratos da planta para o fungo no período seco, pode explicar a baixa frequência de esporos do gênero *Gigaspora* neste estudo. O gênero *Gigaspora* ocorre abundantemente em solos com baixo pH (SILVEIRA, 1998), sendo considerado sensível às perturbações no solo. Isto pode ser devido à sua filogenia, já que não apresenta vesículas, dificultando o armazenamento de reservas de energia que serviriam como propágulos (SCHENK; PÉREZ, 1990).

Quadro 5 Frequência de ocorrência das espécies identificadas nas diferentes pastagens do Pantanal da Nhecolândia

FMA (abreviação)	Frequência Seco (%)	Frequência úmido (%)
<i>Acaulospora spinosa</i> (Asp)	50	50
<i>Acaulospora morowiae</i> (Amo)	50	33
<i>Acaulospora scrobiculata</i> (Asc)	33	67
<i>Acaulospora mellea</i> (Ame)	17	17
<i>Acaulospora colombiana</i> (Aco)	33	33
<i>Acaulospora longula</i> (Alo)	33	17
<i>Acaulospora tuberculata</i> (Atu)	33	-
<i>Paraglomus occultum</i> (Poc)	67	-
<i>Ambispora leptoticha</i> (Ale)	33	67
<i>Claroideoglosum etunicatum</i> (Cet)	17	-
<i>Glomus intraradices</i> (Gin)	17	-
<i>Glomus</i> sp1 (G11)	67	100
<i>Glomus</i> sp2 (G12)	67	50
<i>Glomus</i> sp3 (G13)	50	83
<i>Glomus</i> sp4 (G14)	33	17
<i>Glomus</i> sp5 (G15)	17	17
<i>Glomus</i> sp6 (G16)	-	-
<i>Glomus</i> sp7 (G17)	-	17
<i>Glomus</i> sp8 (G18)	-	17
<i>Glomus</i> sp9 (G19)	-	33
<i>Glomus</i> sp10 (G110)	-	17
<i>Glomus</i> sp11 (G111)	-	17
<i>Glomus</i> sp12 (G112)	-	17
<i>Gigaspora</i> sp1 (Gi1)	-	33
<i>Gigaspora</i> sp2 (Gi2)	-	50
<i>Gigaspora</i> sp3 (Gi3)	-	50
<i>Gigaspora</i> sp4 (Gi4)	-	33
<i>Scutellospora pellucida</i> (Spe)	67	83
<i>Scutellospora heterogama</i> (She)	67	83
<i>Scutellospora rubra</i> (Sru)	-	33
<i>Scutellospora gregaria</i> (Sgr)	-	17

A análise de componentes principais (ACP) mostrou a separação das diferentes pastagens em função dos atributos físico-químicos e das espécies encontradas nestes ambientes (Figura 4).

Esta composição diferenciada entre as pastagens estudadas pode ser observada discretamente no diagrama da ACP (Figura 4), em que os dois primeiros eixos explicaram 73,7% do total da variância (Eixo 1 = 51,7%, Eixo 2 = 22,0%). As pastagens HAV e HAP ficaram separadas das demais pastagens pelo eixo 1. Os atributos químicos MO, SB, T, t, V, Ca, Mg, K, V e H+Al e os físicos argila, silte, VTP, macro, U%1 e U%2, foram os que mais influenciaram a separação destas pastagens nos demais ambientes. Verificou-se que, nestas pastagens, em função do excesso de umidade, a ocorrência de FMAs foi restrita, diferentemente do que foi verificado para as demais pastagens, que apresentaram maior ocorrência destes fungos. Os demais ambientes (MV, MP, APV e APP) estão mais associados aos atributos químicos (Al, m, P, Prem) e físicos (micro, Ks, areia e Ds), sendo verificada maior ocorrência destes fungos nessas pastagens sob tais condições do solo.

Estudos futuros sobre a interação dos FMA com espécies nativas presentes nas pastagens nativas do Pantanal da Nhecolândia são fundamentais para a preservação e a manutenção deste ecossistema, além de contribuir para o conhecimento da distribuição geográfica dos FMAs no território brasileiro.

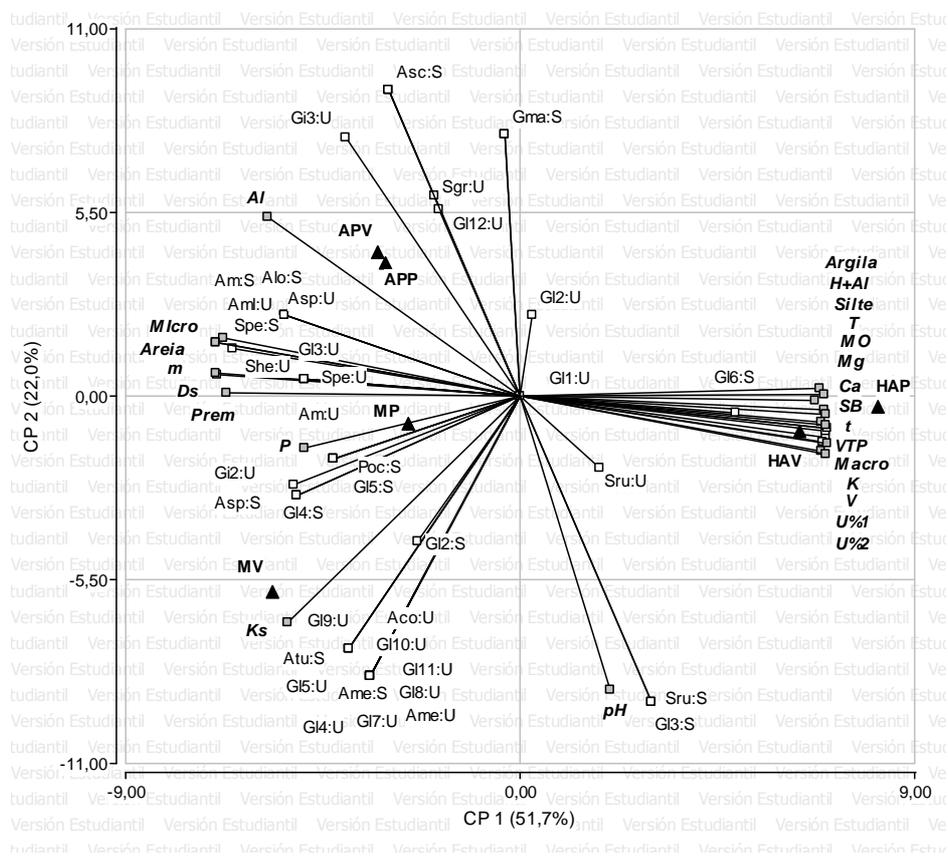


Figura 4 Diagrama de ordenação (PCA) das 31 espécies de FMA encontradas nas pastagens nativas do Pantanal da Nhecolândia. As espécies de FMAs estão abreviadas e a lista completa encontra-se no Quadro 5

#### 4 CONCLUSÕES

As pastagens nativas do Pantanal da Nhecolândia apresentaram uma comunidade diversa de FMAs, sendo recuperadas 31 espécies distintas.

A abundância e a riqueza de espécies variaram entre as pastagens, sendo maiores na pastagem *Axonopus purpusii* vedada e muito reduzida nas pastagens *Hymenachne amplexicaulis* vedada e pastejada.

As espécies recuperadas com maiores frequências foram *Acaulospora spinosa*, *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus* sp1, *Glomus* sp3, *Scutelospora heterogama* e *Scutelospora pellucida*, as quais foram dominantes nos dois períodos amostrados nas diferentes pastagens estudadas.

Os atributos físico-químicos foram sensíveis para a separação das pastagens, principalmente HAV e HAP, as quais ficaram separadas das demais pelo excesso de umidade e baixa ocorrência de FMAs.

A pastagem com predomínio de *Hymenachne amplexicaulis*, sujeita à inundação sazonal, é mais susceptível ao pastejo (compactação), apresentando menor ocorrência de FMAs.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo relatam-se, pela primeira vez, a ocorrência e a riqueza de espécies de FMAs presentes nas diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia, contribuindo para o conhecimento da distribuição geográfica dos FMAs no território brasileiro. O levantamento realizado não foi totalmente completo, uma vez que o estudo foi realizado em apenas uma parte do bioma Pantanal, sendo necessários esforços de pesquisa para amostrar todo o restante do bioma.

O estudo realizado no Pantanal da Nhecolândia indica alta diversidade e potencial para a descoberta de novos registros e de novas espécies de FMAs. Assim, são necessários empenho específico para o desenvolvimento de pesquisas que propiciem mais conhecimento sobre a diversidade e melhor entendimento das relações entre os FMAs e seus hospedeiros neste ambiente tão exclusivo.

Nesse sentido, estudos futuros, contemplando o conhecimento da contribuição e dos benefícios que os FMAs podem trazer às plantas do Pantanal, constituem uma estratégia importante para diminuir a expansão dos impactos advindos da exploração e assegurar maior produtividade e sustentabilidade da região. Estudos de diversidade e ecologia podem subsidiar propostas de manejo mais adequado do solo e de aplicação mais efetiva dos FMAs em plantas nativas e cultivadas, favorecendo o aumento na produção, o uso eficiente da água e a manutenção da qualidade edáfica, fornecendo dados relevantes sobre o papel desses fungos e sua importância no bioma Pantanal e contribuindo, ainda, para a implementação de políticas públicas de preservação ambiental.

## **AGRADECIMENTO**

À Universidade Federal de Lavras e à Embrapa Pantanal, pelo apoio institucional e ao CNPq (processo CNPq 470551/2007-0), à CAPES e à FUNDECT, pelo apoio financeiro. Ao técnico em laboratório Manoel Aparecido da Silva, pela contribuição na classificação dos FMAs.

## REFERÊNCIAS

BALZARINI, M.; DI RIENZO, J. **InfoGen**: software estadístico para el análisis de datos genéticos. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba, 2004. Disponível em: <www.info-gen.com.ar>. Acesso em: 24 jul. 2012.

BARTZ, M. L. C. et al. Comparação entre as técnicas de amostragem direta em campo e cultura-armadilha para mensuração da diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares. **Hoehnea**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 159-164, maio 2008.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.

BAZZO, J. C. et al. Aspectos geofísicos e ambientais do Pantanal da Nhecolândia. **Revista de Geografia**, Pernambuco, v. 29, n. 1, p. 141-161, jan. 2012.

BENTIVENGA, S. P.; MORTON, J. B. A Monograph of the genus gigaspora, incorporating development patterns of morphological characters. **Mycologia**, New York, v. 87, n. 3, p. 719-731. May/June 1995.

BERBARA, L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. C. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. v. 8, p. 53-88.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: volume 1. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 363-375.

CAPRONI, A. L. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi occurrence in revegetated areas after bauxite mining at Porto Trombetas, Para State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p.1409–1418, set. 2003.

CARDOSO, E. L. et al. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 6, p. 631-637, jun. 2009.

CARDOSO, E. L. et al. Qualidade química e física do solo sob vegetação Arbórea nativa e pastagens no pantanal Sul-mato-grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 613-622, mar. 2011.

CARDOSO, E. L. **Qualidade do solo em sistemas de pastagens cultivada e nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense**. 2008. 166 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARENHO, R. et al. Fungos micorrizicos arbusculares em agrossistemas brasileiros. In: SIQUEIRA, J. O. et al. (Ed.). **Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010. p. 154–214.

CARVALHO, F. de et al. The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 52, p. 9-19, jan. 2012.

CAVENAGE, A. et al. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico típico sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 5, p. 997-1003, set./out. 1999.

CORDOBA, A. S. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi along a sand dune stabilization gradient: a case study at Praia Joaquina, Ilha de Santa Catarina, South Brazil. **Mycoscience**, Tokyo, v. 42, p. 379-387, 2001.

CRUZ, A. C. R. et al. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1105-1112, nov./dez. 2003.

DANDAN, Z.; ZHIWEI, Z. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the Jinsha River, southwest China. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 37, n. 1, p. 118-128, Oct. 2007.

DANIELS-HETRICK, B. A.; BLOOM, J. The influence of host plant on production and colonization ability of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. **Mycologia**, New York, v. 78, n. 1, p. 32-36, Jan./Feb. 1986.

DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: volume 1. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 443-461.

DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. **Methods of soil analysis**: volume 1. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 545-566.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21.

DOUDS JÚNIOR, D. D. Relationship between hyphal and arbuscular colonization and sporulation in mycorrhiza of *Paspalum notatum* Flugge. **New Phytologist**, Cambridge, v. 126, n. 2, p. 233-237, Oct. 1994.

DOUDS, D. D.; MILLNER, P. D. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 74, p. 77-93, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1979.

FERREIRA, D. A.; CARNEIRO, M. A. C.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em um latossolo vermelho sob manejos e usos no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 51-61, jan./fev. 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogene, espécies extratect from soil by wetsieving and decanting. **Transaction British of the Mycological Society**, London, v. 46, n. 2, p. 235-246, June 1963.

GOMES, S. P.; TRUFEM, S. F. B. Fungos micorrízicos arbusculares (Glomales, Zygomycota) na Ilha dos Eucaliptos, represa do Guarapiranga, São Paulo, SP. **Acta Botânica Brasilica**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 393-401, 1998.

GROHMANN, F. Distribuição do tamanho de poros em três tipos de solo do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 19, n. 21, p. 319-328, jul. 1960.

GUADARRAMA; P.; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ F. J. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different environments in a tropical rain Forest, Veracruz, Mexico. **Mycorrhiza**, New York, v. 8, n. 5, p. 267-270, Mar. 1999.

GUADARRAMA-CHÁVEZ, P. et al. Los hongos micorrizógenos arbusculares de la region de Nizanda, Oaxaca, México. **Boletín/Sociedad Botánica de Mexico**, Mexico, v. 81, p. 133-139, 2007.

HOOGLAND, D. C.; ARNON, D. I. **The water culture method of growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1950.

INTERNATIONAL CULTURE COLLECTION OF (VESICULAR) ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI. [S.l.:s.n], 2012. Disponível em: <<http://invam.caf.wvu.edu>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

JEFFRIES, P. et al. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 37, p.1–16, 2003.

JOHNSON, N. C.; PFLEGER, F.L. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. In: BETHLENFALVAY, G. J.; LINDERMAN, R. G. (Ed.). **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison, ASA, 1992. p. 71-97.

KLIRONOMOS, J. N. et al. The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity. **Ecology Letters**, Oxford, v. 3, n. 2, p. 137-141, Mar. 2000.

LEAL, P. L.; STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Occurrence and Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from soils under different land use systems in the Amazon, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 40, p. 111-121, Feb. 2009.

LIMA, J. M. et al. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 85-90, jan./abr. 1990.

LOSS, A. et al. Atributos químicos do solo e ocorrência de fungos micorrízicos sob áreas de pastagens e sistema agroflorestal, Brasil. **Acta Agronômica**, Palmira, v. 58, n. 2, p. 91-95, 2009.

LOVELOCK, C. E.; ANDERSON, K.; MORTON, J. B. Arbuscular mycorrhizal communities in tropical forests are affected by host tree species and environment. **Oecologia**, Berlim, v. 135, p. 268–279, Feb. 2003.

MAIA, L. C.; TRUFEM, S. F. B. Fungos micorrízicos vesículo- arbusculares em solos cultivados no estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.13, n. 2, p.89-95, Dec. 1990.

MANGAN, A. S. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi across a fragmented forest in Panama: insular spore communities differ from mainland communities. **Oecologia**, Berlim, v. 141, p. 687–700, Apr. 2004.

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

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006.

MOREIRA-SOUZA, M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Mycorrhiza**, New York, v. 13, n. 4, p. 211-215, Aug. 2003.

MORTON, J. B. Problems and solutions for the integration of Glomalean taxonomy, systematic biology, and the study of endomycorrhizal phenomena. **Mycorrhiza**, New York, v. 2, n. 2, p. 97–109, Dec. 1993.

OLIVEIRA, L. B. de. Determinação da macro e microporosidade pela mesa de tensão em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 197-200, jan./fev. 1968.

PICONE, C. Diversity and abundance of arbuscular mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture. **Biotropica**, Washington, v. 32, n. 4a, p. 734-750, Dec. 2000.

PHYLOGENY and taxonomy of Glomeromycota ('arbuscular mycorrhizal (AM) and related fungi'). **Phylogeny**, New York, 2010. Disponível em: <<http://www.amf-phylogeny.com>>. Acesso em: 22 abr. 2012.

POTT, A. **Pastagens no Pantanal**. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1988. (Documentos, 7).

ROVIRA, A. D. Microbiology of pasture soil and some effects of microorganisms on pasture plants. In: WILSON, J. R. (Ed.). **Plant relation in pastures**. Melbourne: CSIRO. 1978. p. 95-110.

SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SOQUEIRA, J. O. Micorrizas Arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1996. p. 203-254.

SANTOS, R. D. et al. Pedologia. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) – PCBAP diagnóstico dos meios físicos e bióticos**: meio físico: volume 2. Brasília, 1997. p. 121-293.

SANTOS, S. A. et al. Composição botânica da dieta de bovinos em pastagem nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal. **Revista Brasileira Zootecnia**, Piracicaba, v. 31, n. 4, p. 1648-1662, jul./ago. 2002.

SCHENCK, N. C.; PEREZ, Y. **“Manual for identification of VA mycorrhizal fungi.”** Gainesville: Synergistic Publications, 1990.

SCHENCK, N. C.; PEREZ, Y. **A manual of identification of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi**. 2. ed. Gainesville: University of Florida, 1988.

SILVA, C. F. et al. Fungos Micorrízicos Arbusculares em áreas no Entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 1, p. 1-10, 2006.

SILVA, G. A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in a semiarid copper mining area in Brazil. **Mycorrhiza**, New York, v. 15, n. 1, p. 47-53, Jan. 2005.

SILVEIRA, A. P. D. Ecologia de fungos micorrízicos Arbusculares. In: MELO, I. S.; AZAVEDO, J. L. **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: Embrapa, 1998. p. 61-86.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI FILHO, A.; OLIVEIRA, E. de. Ocorrência de MVA em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p. 1499-1506, dez. 1989.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. de. Occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizae in agroecosystems and natural ecosystems of Minas Gerais State. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 10, p.1499-1506, out. 1989.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STURMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares: características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 12-21, mar./abr. 2002.

SMITH, S. E. et al. Nutrient transport in mycorrhizas: structure, physiology and consequences for efficiency of the symbiosis. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 159, n. 1, p. 103-113, Feb. 1994.

SOUZA, F. A. de et al. Classificação e taxonomia de Fungos Micorrízicos Arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J. O. et al. (Ed.). **Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010. p. 1-14.

SOUZA, F. A.; SILVA, I. C. L.; BERBARA, R. L. L. Fungos micorrízicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. p. 483-536.

SOUZA, R. G. et al. Diversity and infectivity potencial of arbuscular mycorrhizal fungi in an area of Caatinga in the Xingo, Region, State of Alagoas, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.26, n. 1, p. 49–60, Mar. 2003.

SPERA, S. T. et al. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 533-542, maio/jun. 2004.

STADDON, P. L. et al. Mycorrhizal fungi abundance as affected by long-term climatic manipulations in the field. **Global Change Biology**, Oxford, v. 9, n. 2, p. 186-194, Feb. 2003.

STÜRMER S. L.; STÜRMER, R.; PASQUALINI, D. Taxonomic diversity and community structure of arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota) in three maritime sand dunes in Santa Catarina state, south Brazil. **Fungal Ecology**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 27-36, Feb. 2013.

STÜRMER, S. L. et al. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in soils of early stages of a secondary succession of Atlantic Forest in South Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 513–521, jul./set. 2006.

STURMER, S. L. Evolução, classificação e filogenia dos fungos micorrízicos arbusculares. In: SIQUEIRA, J. O. et al. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 797-817.

STÜRMER, S. L.; BELLEI, M. M. 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**, Ottawa, v. 72, p. 359-363, 1994.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Diversidade de fungos micorrizicos arbusculares em ecossistemas brasileiro. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. p. 537–584.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazilian ecosystems. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Oxfordshire: CABI, 2006. p. 206–236.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in western brazilian amazon. **Mycorrhiza**, New York, v. 21, n. 4, p. 255–267, June 2011.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in western brazilian amazon. **Mycorrhiza**, New York, v. 21, n. 4, p. 255–267, June 2011.

SU, Y-Y.; GUO, L-D. Arbuscular mycorrhizal fungi in non-grazed, restored and over-grazed grassland in the Inner Mongolia steppe. **Mycorrhiza**, New York, v. 17, n. 7, p. 689–693, Oct. 2007.

TAYLOR, S. A.; ASHCROFT, G. L. **Physical edaphology: the physics of irrigated on nonirrigated soils**. San Francisco: W.H. Freeman, 1972.

TCHABI, A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub-Saharan savannas of Benin, west Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. **Mycorrhiza**, New York, v. 18, n. 3, p. 181-195, Mar. 2008.

TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **Canoco reference manual and users guide to canoco for windows: software for canonical community ordination (Version 4)**. New York: Centre for Biometry, 1998.

TORMENA, C. A. et al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, p. 795-801, dez. 2002.

TRESEDER, K.; CROSS, A. Global distribution of arbuscular mycorrhizal fungi. **Ecosystems**, New York, v. 9, p. 305–316, Mar. 2006.

VAN RAIJ, B. Mecanismos de interação entre solos e nutrientes. In: VAN RAIJ, B. (Ed.). **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. p. 17-31.

ZANGARO, W. et al. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do Rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 77-87, 2002.

ZANGARO, W. et al. Root mycorrhizal colonization and plant responsiveness are related to root plasticity, soil fertility and successional status of native woody species in southern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 23, p. 53–62, 2007.

ZHANG, Y.; GUI, L. D.; LIU, R. J. Survey of arbuscular mycorrhizal fungi in deforested and natural forest land in the subtropical region of Dujiangyan, southwest China. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 261, n. 1-2, p. 257–263, Apr. 2004.