

DIVISÃO 2 - PROCESSOS E PROPRIEDADES DO SOLO

Comissão 2.1 - Biologia do solo

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM FITOFISIONOMIAS DO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA, MATO GROSSO DO SUL⁽¹⁾

Plínio Henrique Oliveira Gomide⁽²⁾, Marx Leandro Naves Silva⁽³⁾, Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares⁽⁴⁾, Evaldo Luis Cardoso⁽⁵⁾, Fernanda de Carvalho⁽⁶⁾, Patrícia Lopes Leal⁽⁶⁾, Rodrigo Magalhães Marques⁽⁷⁾ & Sidney Luiz Stürmer⁽⁸⁾

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 para acessar a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nesse ambiente são inexistentes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a ocorrência de FMA nas diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. Foram coletadas amostras de solo no período seco e chuvoso em um Neossolo Quartzarênico, em fitofisionomias sujeitas a distintos regimes de inundação: livres de inundação - Floresta Semidecídua (FS) e Cerradão (CE); sujeitos à inundação ocasional - Campo limpo, predominando *Elyonorus muticus* (CLE) e Cerrado (CC); e sujeitos à inundação sazonal - Campo limpo, predominando *Andropogon* spp. (CLA), borda de baias (BB) e vazante/baixas (VB). Culturas armadilhas foram estabelecidas com *Brachiaria brizantha* para recuperar espécies crípticas de FMA. De cada amostra de solo, foram realizadas a caracterização química do solo e extração dos esporos de FMA para determinar abundância, riqueza e identificação das espécies. Um total de 37 espécies de FMA, pertencentes a 10 gêneros e seis famílias foram detectadas nas duas estações de coleta. O número de esporos variou significativamente entre as fitofisionomias, e os maiores valores foram encontrados em CE e CLA. A maior riqueza específica foi detectada em CC (25 espécies) seguida

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao Departamento de Ciência do Solo - DCS, Universidade Federal de Lavras - UFLA. Recebido para publicação em 17 de junho de 2013 e aprovado em 16 de maio de 2014.

⁽²⁾ Doutor em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, UFLA. Caixa Postal 3037. CEP 37200-000 Lavras (MG). Bolsista CAPES. E-mail: pliniogomide@gmail.com

⁽³⁾ Professor Associado IV, DCS/UFLA. Bolsista CNPq e FAPEMIG. E-mail: marx@dcs.ufla.br

⁽⁴⁾ Professor Adjunto I, Centro de Ciências Biológicas (CCB/MIP), Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Trindade. Caixa Postal 476. CEP 88040-900 Florianópolis (SC). E-mail: crfsoares@gmail.com

⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Pantanal. Rua 21 de setembro, 1880. Caixa Postal 109. CEP 79320-900 Corumbá (MS). E-mail: evaldo.cardoso@embrapa.br

⁽⁶⁾ Pós-Doutoranda, DCS/UFLA. Bolsista CNPq. E-mail: fernandacarva@hotmail.com, lealpat@yahoo.com.br

⁽⁷⁾ Discente, DCS/UFLA. Bolsista CNPq/PIBIC. E-mail: mdiguinho@gmail.com

⁽⁸⁾ Professor, Departamento de Ciências Naturais, Universidade Regional de Blumenau. R. Antônio da Veiga, 140. Caixa Postal 1507. CEP 89012-900 Blumenau (SC). E-mail: sturmer@furb.br

de VB e CE com 22 e 21 espécies, respectivamente. Os resultados deste estudo sugeriram que a diversidade dos FMA está relacionada com a heterogeneidade existente entre as fitofisionomias, e que características químicas do solo têm influência na estruturação das comunidades desses fungos. Considerando que o bioma Pantanal é um dos ecossistemas mais conservado do planeta, o levantamento de ocorrência de FMA realizado neste trabalho forneceu informações importantes para melhor conhecimento da biodiversidade das fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia.

Termos de indexação: micorrizas, diversidade, riqueza de espécies, abundância de esporos, Glomeromycota.

SUMMARY: ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN VEGETATION TYPES IN THE PANTANAL OF NHECOLÂNDIA, MATO GROSSO DO SUL, BRAZIL

The Pantanal (tropical wetland) biome is recognized as one of the largest continuous areas of natural wetlands, harboring a flora and fauna of rare beauty and abundance. Studies to assess the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are nonexistent for this environment. The goal of this study was to evaluate the occurrence of AMF in different vegetation types of the Pantanal of Nhecolândia, Brazil. Soil samples were collected during the dry and wet season in a Neossolo Quartzarênico (Entisol) in vegetation types subject to different flooding regimes: flood-free - semi-deciduous forest (FS) and “Cerradão” (CE); subject to occasional flooding - grassland dominated by Elyonurus muticus (CLE) and “Cerrado” (CC); and subject to seasonal flooding - grasslands dominated by Andropogon spp. (CLA), the edge of bays (BB), and areas exposed at low water/lowlands (VB). Trap crops were established with Brachiaria brizantha to recover cryptic AMF species. Chemical analyses and spore extraction were carried for each soil sample to identify AMF species and determine their abundance and richness. A total of 37 AMF species, belonging to 10 genera and six families, were detected for both seasons. Spore numbers varied significantly among vegetation types, and the highest values were found in CE and CLA. The greatest richness of species was detected in CC (25 species), followed by VB, with 22 species, and CE, with 21 species. This is the first report on AMF diversity from the Pantanal biome. Results of this study suggest that AMF diversity is related to the heterogeneity among vegetation types and that soil chemical characteristics influence the structure of these fungi communities. Considering that the Pantanal is one of the most conserved biomes in the world, the survey of the occurrence of AMF in this study provides important information for better understanding the biodiversity of the phytophysognomies of this biome.

Index terms: mycorrhiza, diversity, species richness, spore abundance, Glomeromycota.

INTRODUÇÃO

O Pantanal mato-grossense é reconhecido como uma das maiores extensões úmidas contínua do planeta. Esse bioma é marcado por peculiaridades, como estações de seca e cheia, solos de baixa fertilidade, dificuldade de acesso, entre outras, que restringiram a sua ocupação e a interferência antrópica, tornando a pecuária extensiva a principal atividade econômica (Cardoso, 2008). As interações dos fatores bióticos e abióticos resultaram em grande heterogeneidade de paisagens dentro da planície ocupada por esse bioma; assim, o Pantanal pode ser dividido em 11 sub-regiões ou pantanais (Silva & Abdon, 1998). Entre essas sub-regiões, o Pantanal da Nhecolândia, localizado na porção centro-meridional, com aproximadamente 26.000 km², possui paisagens compostas 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). Nessa 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 fungos micorrízicos arbusculares (FMA - Filo Glomeromycota) representam um importante componente da microbiota do solo em ecossistemas naturais e agrícolas. Esses 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 et al., 2002). Esses fungos auxiliam na translocação de nutrientes, disponibilizando-os para as células do córtex de raízes de plantas micotróficas,

favorecem a nodulação e a fixação de N em leguminosas, ampliam a capacidade de absorção de água e aumentam a resistência do sistema radicular da planta ao ataque de patógenos (Jeffries et al., 2003; Moreira & Siqueira, 2006).

Tem sido demonstrado que os FMA têm participação efetiva na diversidade e no funcionamento dos ecossistemas, principalmente em razão do seu efeito sobre a diversidade e produtividade das comunidades vegetais (van der Heijden et al., 1998), e como componente na recuperação e o restabelecimento da vegetação em ecossistemas frágeis ou degradados (Dandan & Zhiwei, 2007).

Desse modo, a presença dos FMA é essencial para a sustentabilidade dos ecossistemas, o desenvolvimento das plantas e a manutenção da diversidade biológica. Assim, o conhecimento da diversidade e da dinâmica desses fungos em diferentes fitofisionomias de um bioma é importante para o manejo dessas e também como indicador de sua qualidade (Loss et al., 2009). Em razão da importância dos FMA 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). No entanto, a ocorrência e a densidade dos FMA dependem das características da planta hospedeira, do fungo e de fatores edafoclimáticos (Staddon et al., 2003), bem como de fatores antrópicos, os quais exercem seus efeitos pelo manejo e uso dos solos (Johnson & Pflieger, 1992).

Os FMA compreendem um grupo de fungos do solo com ca. 240 espécies formalmente descritas, das quais 119 espécies têm sido registradas no Brasil (Souza et al., 2008; 2010), o que representa, aproximadamente, 50 % da diversidade total. No entanto, os estudos são restritos a algumas formações vegetais ou ecossistemas, como diferentes fisionomias no Cerrado (Carvalho et al., 2012; Ferreira et al., 2012), em sistemas de uso da terra no bioma Amazônia (Leal et al., 2009; Stürmer & Siqueira, 2011), na Caatinga (Silva et al., 2005), em Floresta de Araucária (Moreira-Souza et al., 2003), em agrossistemas (Carrenho et al., 2010), em sistemas de dunas (Stürmer et al., 2013; Cordoba et al., 2001) e em áreas degradadas (Melloni et al., 2003; Caproni et al., 2003). Stürmer & Siqueira (2008) compilaram os estudos de ocorrência de FMA em diferentes biomas brasileiros e observaram que o conhecimento da diversidade desses fungos é desconhecido para algumas regiões brasileiras e em biomas como o Pampa e o Pantanal. Na tentativa de melhor entender o funcionamento e a diversidade de FMA associados às fitofisionomias do Pantanal, este é o primeiro relato da composição específica das comunidades desses fungos e a relação da diversidade desses organismos com as características químicas dos solos, nas fitofisionomias no Pantanal da Nhecolândia no Estado de Mato Grosso do Sul, Região Centro-Oeste do Brasil.

Verificou-se que são raros ou inexistentes estudos das comunidades de FMA no que tange a sua composição e as suas relações com características edáficas em áreas abrangidas pelo bioma Pantanal. Dessa forma, este estudo teve como objetivo determinar a riqueza e abundância de esporos de FMA nas diferentes fitofisionomias do Pantanal, na sub-região da Nhecolândia, Pantanal sul-mato-grossense.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Nhumirim, área experimental da Embrapa Pantanal (ca. 4.300 ha), localizada na latitude 18° 59' 06" e 19° 00' 06" S e longitude 56° 39' 40" e 55° 40' 40" W, na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-mato-grossense. O clima da região é classificado como tropical subúmido (Aw, Köppen), havendo uma estação chuvosa de outubro a março e uma relativamente seca de abril a setembro (Cadavid Garcia, 1984).

Na figura 1, ilustra-se o posicionamento das fitofisionomias na área estudada, conforme o tipo de solo, o regime de inundação e as cotas médias.

As fitofisionomias estudadas são características da sub-região da Nhecolândia, foram classificadas com base nos estudos de Comastri Filho (1984) e Pott (1988) e caracterizadas por Santos et al. (2002). Segundo esses 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 cerrado (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 pluvial e o nível da inundação. Predominam espécies como *Hymenachne*

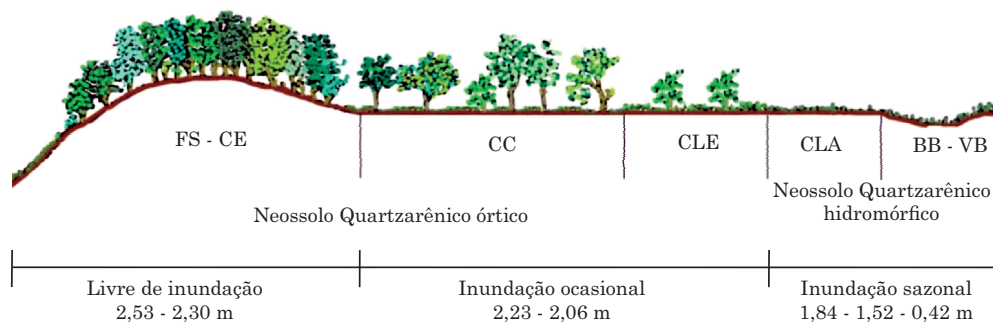


Figura 1. Representação esquemática das diferentes fitofisionomias, conforme tipo de solo, regime de inundação e cotas médias das áreas estudadas. FS: floresta semidecídua; CE: cerradão; CC: campo cerrado; CLE: campo limpo com *Elyonorus muticus*; CLA: campo limpo com *Axonopus purpusii*; BB: borda de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

Fonte: Adaptado de Cardoso (2008).

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. Nessas 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 na 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 dessas localidades é o Neossolo Quartzarênico órtico típico (Santos et al., 1997), com horizonte A relativamente desenvolvido, em geral com mais de 50 cm de espessura, embora com baixo teor de matéria orgânica, de cor escura, caracterizando horizonte A moderado. Nas áreas mais baixas do mesorrelevo (sujeitas às inundações sazonais), com cotas de 1,84 a 0,42 m, representadas pelas fitofisionomias CLA, BB e VB, o solo é o Neossolo Quartzarênico hidromórfico típico (Santos et al., 1997), 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, precedida de quatro meses de precipitações inferiores a 60 mm, e a segunda no início de abril de 2010, precedida de quatro meses de precipitações superiores a 60 mm, caracterizadas como época seca e chuvosa, respectivamente, de acordo com Cadavid Garcia (1984). A precipitação pluvial e a temperatura durante o período de estudo foram obtidas da estação meteorológica da Embrapa Pantanal e estão representadas na figura 2.

A amostragem consistiu da realização de quatro transectos de 80 m, em cada ambiente de estudo, e de

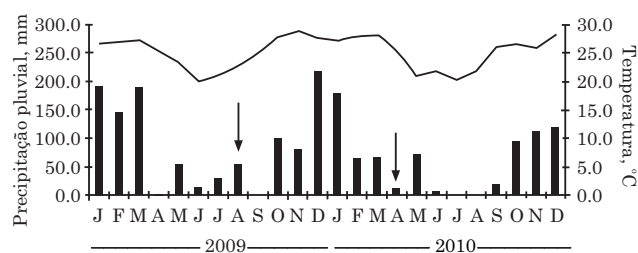


Figura 2. Precipitação pluvial e temperatura durante os dois anos hidrológicos de condução dos estudos, no Pantanal da Nhecolândia, MS. Dados coletados na estação meteorológica da Embrapa Pantanal. Setas indicam o mês de coleta.

coleta de amostras compostas de cinco subamostras (a cada 20 m), na camada de 0-10 cm de profundidade. Foram amostradas quatro diferentes áreas do Pantanal da Nhecolândia, sendo em cada uma dessas realizado um transecto que apresentava as sete fitofisionomias descritas anteriormente, 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 e granulométricas seguiram o mesmo esquema de amostragem. Para caracterização química do solo, as amostras foram analisadas conforme métodos descritos a seguir: pH em água na relação 1:2,5; Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , extraídos com KCl 1 mol L^{-1} e analisados por titulometria (Embrapa, 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 et al., 1965). A partir desses resultados, foram calculados 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 (m). A caracterização química das

fitofisionomias da sub-região da Nhecolândia é apresentada no quadro 1.

A composição granulométrica média do solo dos ambientes de estudo é apresentada no quadro 2, sendo determinada pelo método da pipeta, segundo Day (1965), utilizando NaOH 1 mol L⁻¹ como dispersante químico e agitação rápida (12.000 rpm), durante 10 min. Em geral, os solos são enquadrados na classe textural arenosa, com valores superiores a 830 g kg⁻¹. Os teores de argila variaram de 30 a 70 g kg⁻¹ e os de silte, de 10 a 90 g kg⁻¹. 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).

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 & Nicolson (1963). As amostras foram repetidamente lavadas com água corrente e, posteriormente, peneiradas. Foram utilizadas peneiras de malha de náilon de 40-50 mm (para esporos pequenos), 100 mm (para esporos médios) e 250 mm (para esporos grandes e esporocarpos). O material retido nas peneiras foi transferido para tubos contendo gradiente de sacarose (50 %) e centrifugados, a 2.000 rpm, por 2 min. O sobrenadante foi lavado e passado em uma peneira de 50 mm, e os esporos retidos foram transferidos para uma placa de Petri e contados, com o auxílio de estereomicroscópio Nikon SMZ-U.

A multiplicação dos FMA 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 esse solo estivesse isento de propágulos de FMA, esse foi esterilizado três vezes em autoclave, a 121 °C, durante 1 h. Antes da

semeadura, as sementes das plantas hospedeiras empregadas (*Brachiaria brizantha*) foram desinfestadas, por imersão em hipoclorito de sódio (0,5 %), durante 15 min, e tiveram a dormência interrompida com ácido sulfúrico concentrado. Em seguida, procedeu-se a lavagem em água destilada e realizou-se a semeadura de 50 sementes de braquiária por vaso, a uma profundidade de 2 cm. 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 essas apresentassem algum sintoma de deficiência. Foram feitos também rodízios na disposição dos vasos na bancada; e para estimular a produção de raízes das plantas foi realizada a poda da parte aérea, quando essa se encontrava bastante desenvolvida.

Após a contagem, os esporos foram transferidos para uma placa de Petri, separando-se, aleatoriamente, uma quarta parte do total dos esporos. Esses 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 muitos finas.

A identificação das espécies foi feita pela análise do tamanho e da cor dos esporos, bem como pela análise das características fenotípicas das paredes dos esporos, como espessura, presença de ornamentação, reação ao Melzer etc. Morfotipos foram eventualmente comparados com a descrição das espécies apresentadas em Schenck & Pérez (1990), em páginas da International Culture Collection of (Vesicular)

Quadro 1. Caracterização química nas diferentes fitofisionomias da sub-região da Nhecolândia, Pantanal sul-mato-grossense

Fitofisionomia ⁽¹⁾	pH(H ₂ O)	P	K	Ca	Mg	Al	SB	t	T	V	m	MO
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

⁽¹⁾ FS: floresta semidecídua; CE: cerrado; CC: cerrado/campo cerrado; CLE: campo limpo com predominância de *Elyonorus muticus*; CLA: campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp; BB: borda de baía; VB: vazante e baixadas. SB: soma de bases trocáveis; t: CTC efetiva e T: CTC potencial; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; MO: matéria orgânica. Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

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

Fitofisionomia ⁽¹⁾	Areia	Silte	Argila
FS	860	90	50
CE	920	50	30
CC	940	10	50
CLE	910	40	50
CLA	830	100	70
BB	920	30	50
VB	910	40	50

⁽¹⁾ FS: floresta semidecídua; CE: cerradão; CC: cerrado/campo cerrado; CLE: campo limpo com predominância de *Elyonorus muticus*; CLA: campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp; BB: borda de baía; e VB: vazante e baixadas.

Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM, 2012; <http://invam.wvu.edu>) e do Department of Plant Pathology, University of Agriculture in Szczecin, Poland (<http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/index.html>). A nomenclatura dos gêneros e famílias seguidos neste trabalho seguem a proposta de classificação de Redecker et al. (2013).

A abundância de esporos foi determinada pela contagem do número de esporos de cada espécie de FMA, ocorrendo em 50 mL de solo. O número total de espécies de FMA recuperado de uma fitofisionomia representa a riqueza de espécies. A frequência de ocorrência dos FMA foi definida pelo número de uma dada espécie pelo número total de amostras, expresso em porcentagem.

Os atributos químicos dos solos, os dados de número de esporos e os de diversidade foram submetidos às análises de variância e ao 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 para demonstrar a ordenação dessas nas diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia, além de identificar quais das propriedades do solo evidenciaram-se correlacionadas com as espécies (Ter Braak & Smilauer, 1998). O programa utilizado foi o Info-Gen (www.info-gen.com.ar).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de esporos totais de FMA diferiu significativamente entre os ambientes estudados (Figura 3). CLA e CE foram as fitofisionomias que apresentaram médias superiores de abundância de esporos, tendo sido encontrados 466 esporos no CLA, no período seco, e 350 esporos, no chuvoso; e 393 esporos no CE, no período seco, e 331, no chuvoso

(Figura 3). A menor abundância de esporos foi verificada na FS e BB, com média de 96 e 13; e 133 e 71 esporos em 50 mL de solo, no período seco e chuvoso, respectivamente. Isto representa redução, de um período para o outro, de 24 e 16%, em cada fitofisionomia, respectivamente. Essa discrepância nos valores de abundância de esporos das fitofisionomias em relação à FS e 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).

O menor número de esporos de FMA em Floresta Semidecídua corrobora com os resultados de Stürmer & Siqueira (2011), em sistemas de uso na Amazônia, os quais verificaram que em área de Floresta Amazônica nativa o número de esporos foi significativamente inferior, comparado ao de outros sistemas de uso do solo. O baixo número de esporos em áreas de BB era esperado, considerando que esse sistema é situado em beira de lagoa e com alta saturação hídrica do solo. Considerando que os FMA são fungos aeróbicos, a elevada quantidade de água nesse ambiente representa um fator ecológico que influencia a esporulação. Siqueira et al. (1989) atribuíram a baixa esporulação em ecossistemas naturais à estabilidade desses ambientes, à presença constante de hospedeiros e à ausência de variações bruscas na fertilidade do solo, o que poderia garantir a sobrevivência de espécies desses fungos com baixa capacidade natural de esporulação ou que produzem esporos com baixa capacidade de resistência a condições adversas.

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 FMA no VB no período seco pode estar relacionada ao regime hídrico, visto nesse período haver o favorecimento da ocorrência de plantas espontâneas; o aumento da diversidade vegetal pode contribuir para o aumento do número de espécies de FMA. A menor riqueza foi obtida na fitofisionomia FS, em ambos os períodos de amostragem. Esse resultado pode ser explicado em razão da baixa diversidade de plantas encontrada nesse ambiente, a qual é ocupada, principalmente, pela palmeira acuri (*Scheelea phalerata*). De maneira geral, a maior riqueza foi encontrada no período seco, 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).

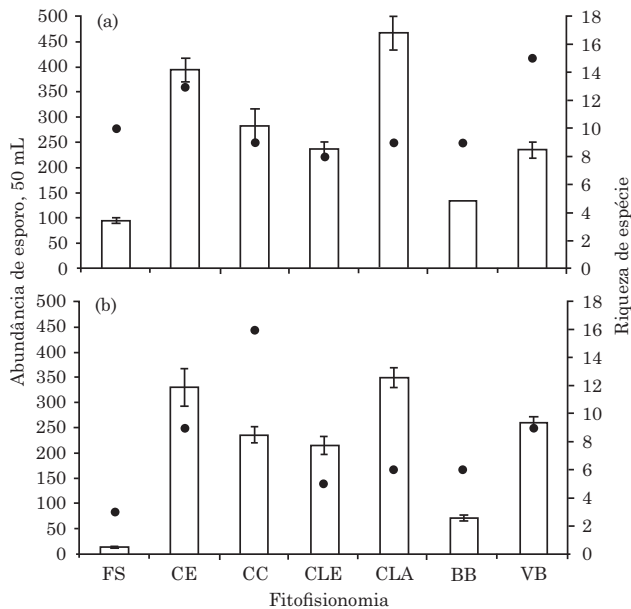


Figura 3. Abundância de esporos (barras) e riqueza de espécies (ponto) de FMA encontrados nos dois períodos de coleta, nas diferentes fitofisionomias (FS: floresta semidecídua; CE: cerradão; CC: cerrado/campo cerrado; CLE: campo limpo com predominância de *Elionorus muticus*; CLA: campo limpo com predominância de *Axonopus purpusii* e *Andropogon* spp.; BB: borda de baía; e VB: vazante e baixadas). (a) Período seco e (b) Período chuvoso. Barras indicam erro-padrão da média (n=4).

As espécies de FMA recuperadas das diferentes fitofisionomias foram distribuídas em seis famílias e 10 gêneros do Filo Glomeromycota (Quadro 3). Os gêneros *Acaulospora*, *Glomus* e *Dentiscutata* foram encontrados em todas as fitofisionomias, enquanto *Paraglomus*, *Ambispora*, *Claroideoglomus* e *Cetraspora* foram encontrados apenas em duas ou três fitofisionomias. A maior riqueza específica foi detectada para Campo Cerrado (25 espécies) seguida de Vazantes e Baixadas (22 espécies) e Cerradão (21 espécies), enquanto as demais fitofisionomias apresentaram 12-13 espécies de FMA (Quadro 3). As fitofisionomias CE e CC foram as que apresentaram maior diversidade de plantas, podendo explicar a maior riqueza de FMA nesses locais, nos dois períodos amostrados.

Um total de 37 espécies de FMA foram registradas nas diferentes fitofisionomias, das quais 13 pertenceram ao gênero *Glomus* e oito ao gênero *Acaulospora* (Quadro 4). Os gêneros *Paraglomus*, *Ambispora*, *Claroideoglomus* e *Cetraspora* foram representados por apenas uma espécie cada. A riqueza específica observada neste estudo sugere que o bioma Pantanal constitui importante fonte de diversidade de FMA, apresentando 18% das espécies descritas no mundo e 31% das espécies identificadas em ecossistemas brasileiros (Souza et al., 2008; Stürmer

& Siqueira, 2008). Do total de espécies recuperadas neste estudo, 19 esporularam em culturas-armadilha estabelecidas com solos coletados em ambas as estações (Quadro 4).

Em todas as fitofisionomias estudadas, independentemente da época de amostragem, a maior proporção de espécies pertenceu aos gêneros *Glomus* e *Acaulospora*. Os ambientes CE, VB e CC apresentaram a maior ocorrência de espécies da família Acaulosporaceae e Glomeraceae. Esse padrão é semelhante ao observado em outros sistemas tropicais, como as florestas na China (Zhao et al., 2003; Zhang et al., 2004), no Panamá (Mangan et al., 2004), no Brasil (Zangaro et al., 2007, Stürmer & Siqueira, 2006), na Floresta Amazônica (Leal et al., 2009; Stürmer & Siqueira, 2011), no México (Guadarrama-Chávez et al., 2007) e no Cerrado (Ferreira et al., 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 et al., 2003) e vegetação secundária no Brasil (Stürmer et al., 2006). 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 com os dados obtidos por Gomes & Trufem (1998), Carrenho et al. (2002), Souza et al. (2003) e Caproni et al. (2003), em estudos realizados no Brasil, que encontraram esses dois gêneros dominando em termos de abundância e diversidade.

Dentre as espécies de FMA recuperadas neste estudo, *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora* sp1, *Glomus* sp1, *Glomus* sp3, *Glomus* sp4, *Dentiscutata heterogama* e *Dentiscutata rubra* foram registradas em cinco ou seis das sete fitofisionomias apresentadas em pelo menos uma das épocas amostradas (Quadro 4). Sete espécies (*Acaulospora colombiana*, *A. longula*, *Glomus* sp9, *Glomus* sp10, *Glomus* sp12, *Glomus* sp13 e *Gigaspora* sp4) foram registradas apenas para uma fitofisionomia. Dezoito espécies de FMA recuperadas neste estudo puderam ser identificadas apenas em nível de gênero e pôde-se pressupor que essas espécies representem espécies novas para a ciência, visto a ausência de trabalhos de ocorrência de FMA em solos do Pantanal. Entretanto, esporos coletados em campo podem ser muito velhos (Douds & Millner, 1999) ou apresentarem sinais de parasitismo e, dessa forma, não possuem todas as características necessárias para a determinação da espécie (Souza et al., 2008). Essa alta proporção de espécies não identificadas no bioma Pantanal (47%) também tem sido registrada para outros biomas e ecossistemas brasileiros (Stürmer & Siqueira, 2008).

Comparando-se a riqueza de FMA encontrada neste estudo com a dos demais ecossistemas brasileiros, pode-se considerar que a região apresenta alta diversidade desses fungos. Stürmer & Siqueira (2008) acessaram o estado da arte do inventário de FMA em território brasileiro revisando 37 trabalhos, realizados

Quadro 3. Número de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em cada gênero encontrado em diferentes fitofisionomias no Pantanal da Nhecolândia

Família/Gênero	Fitofisionomia ⁽¹⁾						
	FS	CE	CC	CLE	CLA	BB	VB
Acaulosporaceae							
<i>Acaulospora</i>	3	6	5	3	3	3	7
Paraglomeraceae							
<i>Paraglomus</i>	1	0	1	0	0	0	1
Ambisporaceae							
<i>Ambispora</i>	0	0	1	1	0	1	0
Claroideoglomeraceae							
<i>Claroideoglomus</i>	0	0	0	0	1	1	0
Glomeraceae							
<i>Rhizophagus</i>	2	0	0	1	0	2	2
<i>Glomus</i>	4	10	10	4	3	2	5
Gigasporaceae							
<i>Gigaspora</i>	0	2	4	2	4	0	3
<i>Dentiscutata</i>	2	1	2	1	1	2	2
<i>Cetraspora</i>	0	0	1	0	0	1	1
<i>Racocetra</i>	0	2	1	1	0	1	1
Riqueza total	12	21	25	13	12	13	22

⁽¹⁾ FS: floresta semidecídua; CE: cerradão; CC: campo cerrado; CLE: campo limpo com *Elyonorus muticus*; CLA: campo limpo com *Axonopus purpusii*; BB: borda de baía; e VB: vazantes e baixadas.

nos últimos 20 anos. Os autores relataram a diversidade desses 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.). No entanto, nenhum registro foi encontrado para fitofisionomias ou distintos solos do bioma Pantanal e, dessa forma, este estudo relata pela primeira vez a riqueza e a abundância de espécies de FMA presentes na sub-região da Nhecolândia, representado aqui por sete fitofisionomias distintas que fazem parte do mosaico de ambientes encontrados nesse bioma.

Apesar da elevada diversidade de FMA no Pantanal da Nhecolândia, essa pode estar sendo subestimada, uma vez que nem todos os componentes da comunidade micorrízica estão na forma de esporos (estrutura reprodutiva que permite a identificação morfológica das espécies de FMA), no momento da amostragem, impossibilitando que elas sejam discriminadas no inventário (Bartz et al 2008). Stürmer & 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. O conhecimento da composição das espécies de FMA numa área é primordial para estudar os impactos de qualquer tipo de prática de manejo agrícola sobre eles. Segundo Stürmer & 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 FMA 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.

Acaulospora morrowiae, *Ambispora leptoticha*, *Glomus* sp3, *Dentiscutata heterogama* e *Cetraspora pellucida* foram as espécies mais frequentes recuperadas, com frequência de ocorrência acima de 70 % em pelo menos uma estação de amostragem (Quadro 5). Dez espécies foram detectadas apenas no período chuvoso e nove esporularam apenas no período seco. Para as espécies recuperadas em ambos os períodos, a frequência de ocorrência tendeu a ser maior no período seco comparado ao período chuvoso (Quadro 5). A frequência de ocorrência determina o quanto uma espécie é distribuída na área amostral, ou seja, prevê 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 (Stürmer & Bellei, 1994). Segundo Stürmer & Siqueira (2008), a frequência de ocorrência também fornece alguns indícios de quão adaptada uma espécie está às várias condições ambientais e de solo. De maneira geral, as espécies do gênero *Gigaspora* apareceram com frequência baixa no período seco, o que pode ser tentativamente explicado pela produção de esporos de tamanhos relativamente grandes (280-480 µm) por parte desses fungos e que requer transferência de maior quantidade de carboidratos da planta para o fungo.

Quadro 4. Ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares nas diferentes fitofisionomias no Pantanal da Nhecolândia, nos períodos seco (S) e chuvoso (C)

Família/Espécie de FMA	FS		CE		CC		CLE		CLA		BB		VB	
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
Acaulosporaceae														
<i>Acaulospora spinosa</i> *			+		+				+					+
<i>Acaulospora morrowiae</i> *			+	+	+		+		+		+			+
<i>Acaulospora scrobiculata</i> *	+		+				+							+
<i>Acaulospora mellea</i>				+	+	+		+						
<i>Acaulospora colombiana</i> *														+
<i>Acaulospora longula</i> *				+										
<i>Acaulospora tuberculata</i>	+				+						+			
<i>Acaulospora</i> sp1	+		+		+				+		+			+
Paraglomeraceae														
<i>Paraglomus occultum</i> *	+					+								+
Ambisporaceae														
<i>Ambispora leptoticha</i>						+		+				+		
Claroideoglomeraceae														
<i>Claroideoglomus etunicatum</i> *						+		+						
Glomeraceae														
<i>Rhizophagus clarus</i> *	+										+			+
<i>Rhizophagus diaphanus</i>	+										+			
<i>Rhizophagus intraradices</i> *								+						+
<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			+			+								
<i>Glomus</i> sp9						+								
<i>Glomus</i> sp10*						+								
<i>Glomus</i> sp11				+		+								
<i>Glomus</i> sp12						+								
<i>Glomus</i> sp13 *				+										
Gigasporaceae														
<i>Gigaspora margarita</i> *									+	+				+
<i>Gigaspora</i> sp1				+				+	+					+
<i>Gigaspora</i> sp2				+						+				
<i>Gigaspora</i> sp3*						+		+		+				+
<i>Gigaspora</i> sp4						+								
<i>Dentiscutata heterogama</i> *	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dentiscutata rubra</i>	+		+		+	+					+		+	+
<i>Cetraspora pellucida</i>					+						+	+		
<i>Racocetra gregaria</i> *			+				+						+	+
<i>Racocetra biornata</i>				+		+					+			

FS: floresta semidecídua; CE: cerradão; CC: campo cerrado; CLE: campo limpo com *Elyonorus muticus*; CLA: campo limpo com *Axonopus purpusii*; BB: borda de baía; e VB: vazantes e baixadas. *Espécies de FMA detectadas também em culturas armadilhas.

A análise de componentes principais (ACP) evidenciou a separação das diferentes fitofisionomias, em razão dos atributos químicos e das espécies encontradas nesses ambientes (Figura 4). Essa 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 %). As

fitofisionomias FS, BB e CC ficaram separadas das demais pelo eixo 2. Os atributos químicos MO, SB, t, T, V, Ca⁺², Mg⁺², 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 FMA foi restrita, provavelmente pela baixa diversidade de plantas simbióticas e também em razão do melhor estado nutricional desse ambiente (Quadro 1), diferentemente do que foi verificado para

Quadro 5. Frequência de ocorrência (%) das espécies de fungos micorrízicos arbusculares nas diferentes fitofisionomias no Pantanal da Nhecolândia, nos períodos seco (S) e chuvoso (C)

Espécie de FMA	Frequência	
	S	C
	%	
Asp - <i>Acaulospora spinosa</i> Walker & Trappe	57	-
Am - <i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & Schenck	86	29
Asc - <i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	57	-
Ame - <i>Acaulospora mellea</i> Spain & Schenck	14	57
Aco - <i>Acaulospora colombiana</i> (Spain & Schenck) Kaonongbua, Morton & Bever	43	-
Alo - <i>Acaulospora longula</i> Spain & Schenck	-	29
Atu - <i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe	43	29
Asp1 - <i>Acaulospora</i> sp1	86	-
Poc - <i>Paraglomus occultum</i> (Walker) Morton & Redecker	29	14
Ale - <i>Ambispora leptoticha</i> (Schenck & Sm.) Walker, Vestberg & Schüâler	71	43
Cet - <i>Claroideoglomus etunicatum</i> (Becker & Gerd.) Walker & Schüâler	14	14
Rcl - <i>Rhizophagus clarus</i> (Nicol. & Schenck) Walker & Schüâler	43	-
Rdp - <i>Rhizophagus diaphanus</i> (Morton & Walker) Walker & Schüâler	29	-
Rin - <i>Rhizophagus intraradices</i> (Schenck & Smith) Walker & Schüâler	29	-
G11 - <i>Glomus</i> sp1	43	43
G12 - <i>Glomus</i> sp2	43	29
G13 - <i>Glomus</i> sp3	71	43
G14 - <i>Glomus</i> sp4	57	29
G15 - <i>Glomus</i> sp5	43	-
G16 - <i>Glomus</i> sp6	43	29
G17 - <i>Glomus</i> sp7	29	-
G18 - <i>Glomus</i> sp8	14	14
G19 - <i>Glomus</i> sp9	-	29
G110 - <i>Glomus</i> sp10	-	14
G111 - <i>Glomus</i> sp11	-	29
G112 - <i>Glomus</i> sp12	-	14
G113 - <i>Glomus</i> sp13	-	14
Gma - <i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	14	14
Gi1 - <i>Gigaspora</i> sp1	14	43
Gi2 - <i>Gigaspora</i> sp2	-	43
Gi3 - <i>Gigaspora</i> sp3	-	57
Gi4 - <i>Gigaspora</i> sp4	14	14
Dhe - <i>Dentiscutata heterogama</i> (Nicol. & Gerd.) Sieverd., Souza & Oehl	100	100
Dru - <i>Dentiscutata rubra</i> (Stürmer & Morton) Oehl, Souza & Sieverd.	-	29
Cpe - <i>Cetraspora pellucida</i> (Nicol. & Schenck) Oehl, Souza & Sieverd.	71	71
Rgr - <i>Racocetra gregaria</i> (Schenck & Nicol.) Oehl, Souza & Sieverd.	-	44
Rbi - <i>Racocetra biornata</i> (Spain, Sieverd. & Toro) Sieverd., Souza & Oehl	43	43

- CARRENHO, R.; GOMES-DA-COSTA, S.M.; BALOTA, E.L. & COLOZZA-FILHO, A. Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas brasileiros. In: SIQUEIRA, J.O., SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.N. & TSAI, S.M., eds. 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. R. Bras. Bot., 25:95-101, 2002.
- CARVALHO, F.; SOUZA, F.A.; CARRENHO, R.; MOREIRA, F.M.S.; JESUS, E.C. & FERNANDES, G.W. The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi. Appl. Soil Ecol., 52:9-19, 2012.
- COMASTRI FILHO, J.A. Pastagens nativas e cultivadas no Pantanal Mato-Grossense. Corumbá, Embrapa-UEPAE, 1984. (Circular Técnica, 13)
- CORDOBA, A.S.; MENDONÇA, M.M.; STÜRMER, S.L. & RYGIWICZ, P.T. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi along a sand dune stabilization gradient: A case study at Praia Joaquina, Ilha de Santa Catarina, South Brazil. Mycoscience, 42:379-387, 2001.
- DANDAN, Z & ZHIWEI, Z. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the Jinsha River, southwest China. Appl. Soil Ecol., 37:118-128, 2007.
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.545-566. (Agronomy, 9)
- DOUDS, D.D. & MILLNER, P.D. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. Agric. Ecosyst. Environ., 74:77-93, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FERREIRA, D.A.; CARNEIRO, M.A.C. & SAGGIN JUNIOR, O.J. Fungos micorrízicos arbusculares em um Latossolo Vermelho sob manejos e usos no cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 36:51-61, 2012.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: a computer statistical analysis system. R. Ci. Agrotec., 35:1039-1042, 2011.
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogene, especies extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. British Mycol. Soc., 46:235-246, 1963.
- GOMES, S.P. & TRUFEM, S.F.B. Fungos micorrízicos arbusculares (Glomales, Zygomycota) na Ilha dos Eucaliptos, represa do Guarapiranga, São Paulo, SP. Acta Bot. Bras., 12:393-401, 1998.
- GUADARRAMA, P. & ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, F.J. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different environments in a tropical rain Forest, Veracruz, Mexico. Mycorrhiza, 8:267-270, 1999.
- GUADARRAMA-CHÁVEZ, P.; CAMARGO-RICALDE, S.L.; HENRÁNDEZ-CUEVAS, L. & CASTILLO-ARGÜERO, S. Los hongos micorrizógenos arbusculares de la region de Nizanda, Oaxaca, México. Bol. Soc. Bot. Méx., 81:133-139, 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 - INVAM. [S.l.: s.n], 2012. Disponível em: <http://invam.caf.wvu.edu>. Acesso em: 15 mar. 2012.
- JEFFRIES, P.; GIANINAZZI, S.; PEROTTO, S.; TURNAU, K. & BAREA, J.M. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biol. Fertil. Soils, 37:1-16, 2003.
- JOHNSON, N.C. & PFLEGER, F.L. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. In: BETHLENFALVAY, G.J. & LINDERMAN, R.G., eds. Mycorrhizae in sustainable agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1992. p.71-97.
- KLIRONOMOS, J.N.; McCUNE, J.; HART, M. & NEVILLE, J. The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity. Ecol. Lett., 3:137-141, 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. Braz. J. Microbiol., 40:111-121, 2009.
- LOSS, A.; ANGELINI, G.A.R.; PEREIRA, A.C.C.; LÃ, O.R.; MAGALHÃES, M.O.L.; SILVA, E.M.R. & SAGGIN JÚNIOR, O.J. Atributos químicos do solo e ocorrência de fungos micorrízicos sob áreas de pastagens e sistema agroflorestal, Brasil. Acta Agron., 58:91-95, 2009.
- LOVELOCK, C.E.; ANDERSON, K. & MORTON, J.B. Arbuscular mycorrhizal communities in tropical forests are affected by host tree species and environment. Oecologia, 135:268-279, 2003.
- MAIA, L.C. & TRUFEM, S.F.B. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solos cultivados no estado de Pernambuco, Brasil. R. Bras. Bot., 13:89-95, 1990.
- MANGAN, S.A.; EOM, A.-H.; ADLER, G.H.; YAVITT, J.B. & HERRE E.A. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi across a fragmented forest in Panama: Insular spore communities differ from mainland communities. Oecologia, 141:687-700, 2004.
- MELLONI, R.; SIQUEIRA, J.O. & MOREIRA, F.M.S. Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação. Pesq. Agropec. Bras., 38:267-276, 2003.
- MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.
- MOREIRA-SOUZA, M.; TRUFEM, S.F.B.; GOMES-DA-COSTA, S.M. & CARDOSO, E.J.B.N. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Mycorrhiza, 13:211-215, 2003.

- MORTON, J.B. Problems and solutions for the integration of Glomalean taxonomy, systematic biology, and the study of endomycorrhizal phenomena. *Mycorrhiza*, 2:97-109, 1993.
- POTT, A. Pastagens no Pantanal. Corumbá, Embrapa-CPAP, 1988. (Documentos, 7)
- REDECKER, D.; SCHÜßLER, A.; STOCKINGER, H.; STÜRMER, S.L.; MORTON, J.B. & WALKER, C. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). *Mycorrhiza*, 23:515-531, 2013.
- SAGGIN-JÚNIOR, O.J. & SIQUEIRA, 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.; CARVALHO FILHO, A.; NAIME, U.J. & OLIVEIRA, H. 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. Brasília, 1997. v.2, p.121-293.
- SANTOS, S.A.; COSTA, C.; SOUZA, G.S.; POTT, A.; ALVAREZ, J. M. & MACHADO, S.R. Composição botânica da dieta de bovinos em pastagem nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal. *R. Bras. Zootec.*, 31:1648-1662, 2002.
- SCHENCK, N.C. & PÉREZ, Y. Manual for identification of VA mycorrhizal fungi. Gainesville, Synergistic Publications, 1990.
- SILVA, G.A.; TRUFEM, S.F.B.; SAGGIN-JUNIOR, O.J. & MAIA, L.C. Arbuscular mycorrhizal fungi in a semiarid copper mining area in Brazil. *Mycorrhiza*, 15:47-53, 2005.
- SILVA, J.S.V. & ABDON, M.M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33:1703-1711, 1998.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A. & OLIVEIRA, E. Occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizae in agroecosystems and natural ecosystems of Minas Gerais State. *Pesq. Agropec. Bras.*, 24:1499-1506, 1989.
- SIQUEIRA, J.O.; LAMBAS, M.R. & STURMER, S.L. Fungos micorrízicos arbusculares: características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. *Biotecnol. Ci. Desenv.*, 25:12-21, 2002.
- 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. & BRUSSARD, L., eds. *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2008. p.483-536.
- SOUZA, F.A.; STURMER, S.L.; CARRENHO, R. & TRUFEM, S.F.B. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos 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, R.G.; MAIA, L.C.; SALES, M.F. & TRUFEM, S.F.B. Diversity and infectivity potencial of arbuscular mycorrhizal fungi in an area of Caatinga in the Xingo, Region, State of Alagoas, Brazil. *R. Bras. Bot.*, 26:49-60, 2003.
- STADDON, P.L.; THOMPSON, K.; JAKOBSEN, I.; GRIME, J.P.; ASKEW, A.P. & FITTER, A.H. Mycorrhizal fungi abundance as affected by long-term climatic manipulations in the field. *Global Change Biol.*, 9:186-194, 2003.
- STÜRMER S.L.; KLAUBER FILHO, O.; QUEIROZ, M.H. & MENDONÇA, M.M. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in soils of early stages of a secondary succession of Atlantic Forest in South Brazil. *Acta Bot. Bras.*, 20:513-521, 2006
- 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 Ecol.*, 6:27-36, 2013.
- STÜRMER, S.L. Evolução, classificação e filogenia dos fungos micorrízicos arbusculares. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E. & CARVALHO, J.G., eds *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. *Can. J. Bot.*, 72:359-363, 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., eds. *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. & BRUSSARD, L., eds. *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*, 21:255-267, 2011.
- TCHABI, A.; COYNE, D.; HOUNTONDI, F.; LAWOUIN, L.; WIEMKEN, A. & OEHL, F. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub-Saharan savannas of Benin, west Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. *Mycorrhiza*, 18:181-195, 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 der HEIJDEN, M.G.A.; KLIRONOMIS, J.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLD-ENGLE, R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. & SANDERS, I.R. Mycorrhizal fungal diversity determines plants biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396:69-72, 1998.

- VETTORI, L. Métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. (Boletim Técnico, 7)
- ZANGARO, W.; NISHIDATE, F.R.; VANDRESEN, J.; ANDRADE, G. & NOGUEIRA, M.A. Root mycorrhizal colonization and plant responsiveness are related to root plasticity, soil fertility and successional status of native woody species in southern Brazil. *J. Trop. Ecol.*, 23:53-62, 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 Soil*, 261:257-263, 2004.
- ZHAO, Z.W.; WANG, G.H. & YANG, L. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a tropical rainforest of Xishuangbanna, Southwest China. *Fungal Divers.*, 13:233-242, 2003.