



Núcleo de Meio Ambiente  
 Universidade Federal do Pará  
 Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá  
 Belém, Pará, Brasil  
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas>

**Ivan Alves dos Santos Junior**

Universidade federal do Oeste do Pará  
 ivanjuniortb@gmail.com

**Tatiane Santos Correia**

Universidade federal do Oeste do Pará  
 statianecorreia@gmail.com

**Beatriz Costa de Oliveira Queiroz  
 de Souza**

Universidade federal do Oeste do Pará  
 beatriz-coqs@hotmail.com

**Marcos Diones Ferreira Santana**

Universidade federal do Oeste do Pará  
 santana.mdf@gmail.com

**Tulio Silva Lara**

Universidade federal do Oeste do Pará  
 tulio.lara@yahoo.com.br

Recebido em: 2020-03-04  
 Avaliado em: 2020-09-04  
 Aceito em: 2021-01-23

## AVALIAÇÃO DA MULTIPLICAÇÃO DOS ESPOROS DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA SAVANA DE ALTER DO CHÃO, PARÁ

**RESUMO:** O bioma de savana possui condições edafoclimáticas propícias a ocorrência dos Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA), que associados às plantas, tornam-se ferramentas biotecnológicas de potencial subestimado. Objetivou-se com este estudo analisar a multiplicação dos esporos dos FMA oriundos da Savana de Alter do Chão, Oeste do Pará, e a simbiose em *Brachiaria decumbens* Stapf. como hospedeira. O experimento foi conduzido em condições controladas no Laboratório de Fisiologia Vegetal e Crescimento de Plantas da Universidade Federal do Oeste do Pará, campus Santarém, no período de fevereiro a outubro de 2019. Foram testados dois tipos de solos (substrato comercial e latossolo amarelo distrófico) em diferentes períodos de tempos (20, 36, 65 e 129 dias). Para isso, amostras compostas contendo esporos dos FMA nativos foram coletadas na área de estudo, das quais 100 g foram homogeneizados a 850 g dos solos testados, separadamente, em vasos de 1 kg de capacidade. O experimento foi realizado em condições de laboratório e o delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×4 (tempo de multiplicação × tipos de solo) com quatro repetições. O resultado da densidade de esporos dos FMA nativos e o percentual de infecção foram submetidos à Análise de Variância e as médias foram comparadas pelo teste Scott Knott com  $p < 0,05$  de significância. O substrato comercial proporcionou os melhores resultados na produção de esporos e porcentagem de infecção em raízes de *B. decumbens* aos 20 dias da inoculação. Para multiplicação e produção de propágulos infectivos dos FMA da Savana de Alter do Chão, indica-se o uso do substrato comercial cultivado por um período de 20 dias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Micorrizas, Simbiose, Multiplicação de esporos.

## EVALUATION OF THE MULTIPLICATION OF THE SPORES OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN THE SAVANA OF ALTER DO CHÃO, PARÁ

**ABSTRACT:** The savannah biome has edaphoclimatic conditions conducive to the occurrence of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), which associated with plants, become biotechnological tools of underestimated potential. One of the reasons is the difficulty in producing and spreading infectious propagules in a significant amount to develop studies under controlled conditions. The objective of this work was to analyze the multiplication of spores from the AMF from the Savannah of Alter do Chão, Western Pará, and the aspects of symbiosis in *Brachiaria decumbens* Stapf. as a hostess. The experiment was conducted under controlled conditions at the Laboratory of Plant Physiology and Plant Growth at the Federal University of Western Pará from February to October 2019. Two types of soils (commercial substrate and dystrophic yellow latosol) were tested at different time periods (20, 36, 65 and 129 days). For this, composite samples containing spores of native AMF were collected in the study area, of which 100 g were homogenized to 850 g of the tested soils, separately, in 1 kg pots. The experiment was carried out under laboratory conditions and the design was completely randomized, in a 2 × 4 factorial scheme (multiplication time × soil types) with four replications. The result of the spore density of the native FMA and the percentage of infection were submitted to Analysis of Variance and the means were compared by the Scott Knott test with  $p < 0,05$  of significance. The commercial substrate provided the best results in spore production and percentage of infection in roots of *B. decumbens* at 20 days of inoculation. For the multiplication and production of infectious propagules of the AMF of the Savannah of Alter do Chão, the use of the commercial substrate cultivated for a period of 20 days is indicated.

**KEYWORDS:** Mycorrhizae, Symbiosis, Spore multiplication.

## EVALUACIÓN DE LA MULTIPLICACIÓN DE LOS ESPORAS DE HONGOS MICORRIZALES ARBUSCULARES EN LA SAVANA DE ALTER DO CHÃO, PARÁ

**RESUMEN:** El bioma de sabana tiene condiciones edafoclimático que conducen a aparición de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), que asociados con plantas, se convierten en herramientas biotecnológicas de potencial subestimado. Una razón es la dificultad de producir y difundir propágulos infecciosos en una cantidad significativa para desarrollar estudios en condiciones controladas. El objetivo de este estudio fue analizar la multiplicación de esporas de los HMA de la sabana de Alter do Chão, región occidental del Estado de Pará, y los aspectos de la simbiosis en *Brachiaria decumbens*

Stapf. como hospedera. El experimento se llevó a cabo en condiciones controladas en el Laboratorio de Fisiología Vegetal y Crecimiento Vegetal de la Universidad Federal del Oeste de Pará de febrero a octubre de 2019. Se probaron dos tipos de suelos (sustrato comercial y latosol amarillo distrófico) en diferentes períodos de tiempo (20, 36, 65 y 129 días). Para esto, se recolectaron muestras compuestas que contenían esporas de HMA nativa en el área de estudio, de las cuales 100 g se homogeneizaron a 850 g de los suelos analizados, por separado, en florero de planta de 1 kg. El experimento se realizó en condiciones de laboratorio y el diseño fue completamente al azar, en un esquema factorial  $2 \times 4$  (tiempo de multiplicación  $\times$  tipos de suelo) con cuatro repeticiones. El resultado de la densidad de esporas de las FMA nativas y el porcentaje de infección se sometieron a Análisis de Varianza y las medias se compararon mediante la prueba de Scott Knott con  $p < 0,05$  de significancia. El sustrato comercial proporcionó los mejores resultados en la producción de esporas y el porcentaje de infección en las raíces de *B. decumbens* a los 20 días de la inoculación. Para la multiplicación y producción de propágulos infecciosos de los HMA de la sabana de Alter do Chão, se indica el uso del sustrato comercial cultivado durante un período de 20 días.

**PALABRAS CLAVES:** Micorriza, Simbiosis, Multiplicación de Esporas.

## INTRODUÇÃO

Savanas constituem um bioma de ambiente quente e seco, com precipitação anual entre 800 a 2.200 mm ano<sup>-1</sup> composto de plantas herbáceas, pequenos arbustos, gramíneas e árvores espaçadas (LIMA et al., 2018). O solo predominante é do tipo latossolo, drenado, apresentando intemperismo intenso, alta acidez, elevado teor de ferro e óxidos de alumínio e deficiência de fósforo tornando um ambiente com baixa

fertilidade natural (SANTOS et al., 2018).

Nestas condições, a microbiota do solo contribui significativamente para a sobrevivência das plantas (MORAES et al., 2019). Um dos importantes agentes microbiológicos dos solos são os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) (OEHL et al., 2003) que interagem de forma natural com as raízes das plantas através do micélio intra-radicular (BRUNDRETT, 2009) e as

tornam ecologicamente mais competitivas (CARNEIRO et al., 2011).

Os FMA estão diretamente associados ao solo, uma vez que contribuem para formação de macroagregados por meio da ação das hifas que produzem polissacarídeos extracelulares que se ligam aos microagregados (LEHMANN et al., 2017). Essas agregações são influenciadas por ligações químicas e fatores ambientais que ajudam no armazenamento de nutrientes, estrutura e estabilização do solo; MORRIS et al., 2019; CALDERÓN et al., 2019). Além disso, o comportamento desses fungos, a intensidade da colonização micorrízica nas raízes que apresentam e, conseqüentemente, a produção de esporos, são processos fortemente influenciados pela composição da biota vegetal, condições edafoclimáticas, além da espécie em questão (NOBRE et al., 2018; BARBOSA et al., 2019)

A interação dos FMA com o sistema radicular das plantas possibilita maior absorção de água e nutrientes,

sobretudo o fósforo, além de aumentar a tolerância dos vegetais aos estresses bióticos e abióticos, e em troca, os FMA recebem produtos da fotossíntese fixado pelas plantas (SMITH; READ, 2008). Em virtude disso, esses fungos do solo podem ser utilizados para impulsionar uma agricultura mais produtiva e sustentável, por contribuir com a redução de defensivos agrícolas e fertilizantes sintéticos (RODRIGUES et al., 2018; SANTANA et al., 2018; SALES et al., 2018; NUNES et al., 2019).

Este estudo é inédito por estudar os FMA da área de savana de Alter do Chão e utilizar a espécie *Brachiaria decumbens* Stapf. como hospedeira avaliando importantes aspectos da simbiose, como o percentual de infecção das raízes e a densidade esporos produzidos, a fim de indicar possibilidades de utilização desses fungos em futuros estudos biotecnológicos. Assim, objetivou-se com este estudo analisar a multiplicação dos esporos de FMA e infecção das raízes *B. decumbens* em diferentes períodos de tempos e tipos de solo.

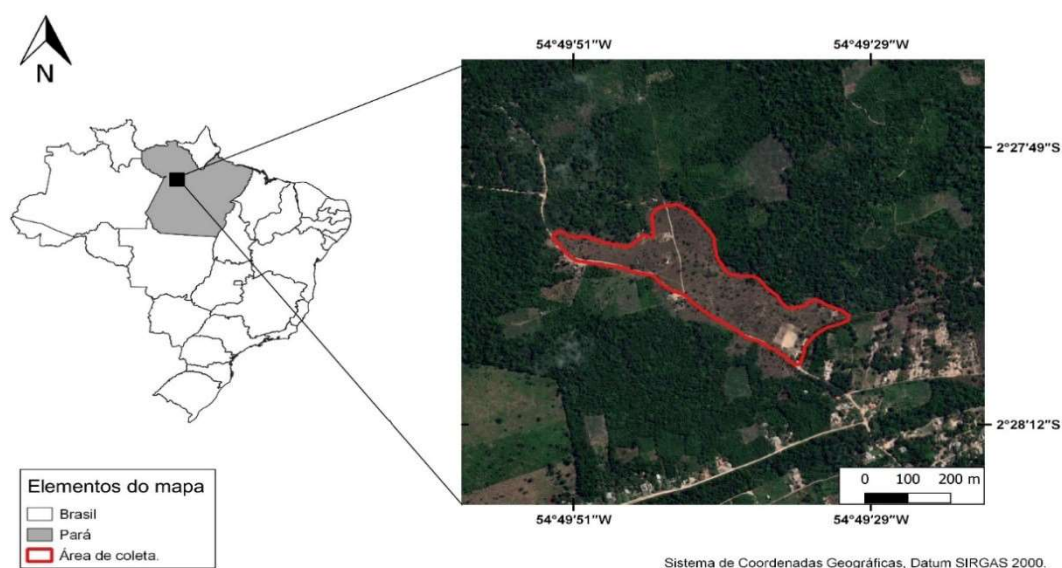
## MATERIAL E MÉTODOS

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA DO SOLO RIZOSFÉRICO

A coleta das amostras de solo rizosférico foi realizada em uma mancha de savana situada nas coordenadas 2°28'1" S e 54°49'41" W, na região de Alter do Chão, no município de Santarém, oeste do

estado do Pará (Figura 1). A área apresenta vegetação semelhante à descrita por Magnusson et al. (2008) para savanas na localidade, com um estrato herbáceo de altura densidade variáveis, estrato arbustivo de 60-80 cm de altura e um estrato arbóreo que pode atingir até 10 m de altura.

**Figura 1.** Localização da área de coleta das amostras de solo rizosférico contendo os Fungos Micorrízicos Arbusculares.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O clima da área segundo a classificação climática de Köppen é representado pelo tipo Am, monção tropical, com uma estação chuvosa

entre os meses de janeiro a maio e um período de estiagem pronunciada entre junho e dezembro (ÁLVARES et al., 2013).

## COLETA DAS AMOSTRAS

A coleta das amostras do solo rizosférico foi realizada no período de estiagem (outubro de 2018). A metodologia utilizada foi semelhante à descrita em Santos et al. (2020), em que 10 pontos de coleta, equidistantes 30 metros entre si, foram percorridos em zig-zag e de cada ponto, uma amostra de 500 g, constituída de quatro subamostras, foi coletada a uma profundidade de 0 a 20 cm. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e conduzidos em caixas de isopor para o Laboratório de Fisiologia Vegetal e Crescimento de Plantas da Universidade Federal do Oeste do Pará, campus de Santarém.

## MULTIPLICAÇÃO DOS ESPOROS

A multiplicação dos esporos dos FMA foi realizada através da montagem de culturas armadilhas descritas por Saggin Junior et al. (2011), onde parte do solo coletado em campo foi utilizado como inóculo visando à obtenção de esporos viáveis. Para multiplicação foram utilizando

dois tipos de solo Substrato Comercial (SC), composto por terra preta, palha de arroz e esterco bovino, na proporção 2:1:1) e o Latossolo Amarelo Distrófico (LA), cujas características químicas foram descritas (Tabela 1). Foram utilizados por repetição 850g de solo, previamente fumigados, mais 100 g de inóculo da savana contendo estruturas infectivas como fragmentos de raízes colonizadas e esporos (quantificados previamente) e 10 g de sementes de *B. decumbens*, utilizada como planta hospedeira. Utilizou-se vasos com capacidade para 1dm<sup>3</sup> para a multiplicação.

Os vasos foram alocados em câmara de crescimento e logo após a emergência das sementes foram determinados quatro tempos de multiplicação: 20, 36, 65 e 129 dias, que perdurou entre os meses de fevereiro e outubro de 2019. Os vasos receberam rega diária e foram mantidos a 27 °C com fotoperíodo de 12 horas (SANTOS, et al., 2020). A cada tempo, as plantas e o solo foram coletados para análise da simbiose, onde avaliou-se o percentual de infecção das raízes e a

densidade de esporos produzidos nos diferentes tempos de multiplicação. O inóculo tem o predomínio de espécies

pertencentes ao gênero *Acaulospora* spp (SANTOS, et al., 2020).

**Tabela 1.** Características químicas dos substratos utilizados no estudo.

Substrato Comercial							
Textura arenosa (Argila < ou = 15% ou então % de Areia - % Argila > ou = 50)							
MO	K	P	Ca	H	H+Al	Mg	pH(H <sub>2</sub> O)
dag kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>		cmolc dm <sup>-3</sup>				
15,22	354	49,8	6,6	3	3	1,43	5,9
Latosolo amarelo distrófico							
Textura média (Argila =15% até 35%; % de Areia - % Argila < 50)							
MO	K	P	Ca	H	H+Al	Mg	pH(H <sub>2</sub> O)
dag kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>		cmolc dm <sup>-3</sup>				
0,44	4	3	0,11	0,5	0,8	0,08	4,5

\* MO: Matéria orgânica.

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### EXTRAÇÃO, CONTAGEM DOS ESPOROS E PORCENTAGEM DE INFECÇÃO

Utilizou-se amostras de solo de 100 g para a extração dos esporos dos FMA, que ocorreu a partir do método de peneiramento a úmido como sugerido por Gerdemaann e Nicolson (1963), seguido de centrifugação em solução de sacarose a 50% de acordo com Jenkins (1964) a 3.000 rpm, por 15 minutos.

Após a extração, foi realizada a contagem dos esporos com auxílio de um microscópio estereoscópio (40x) para determinar o número de esporos em cada amostra. O percentual de infecção do sistema radicular das

plantas foi avaliado a partir de 1 g de raiz fina e fresca submetidos a coloração de micorrizas como indicado por Phillips e Hayman (1970), com as modificações para clareamento das raízes segundo SILVA et al. (2015). A quantificação da infecção das raízes colonizadas foi realizada com auxílio de um microscópio estereoscópio (40x) seguindo o método de intersecção de quadrante (GIOVANETTI; MOSSE, 1980).

#### ESTATÍSTICA

Os tratamentos foram montados em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 × 4 (tipos de solo

× tempo de multiplicação), com quatro repetições, sendo cada vaso considerado uma repetição, totalizando 32 amostras. O resultado da densidade de esporos dos FMA nativos e o percentual de infecção foram submetidos à Análise de Variância e as médias foram comparadas pelo teste Scott Knott com  $p < 0,05$  de significância com auxílio do programa de análises estatísticas SISVAR versão 5.6.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O substrato comercial proporcionou um incremento de 180% no número de esporos comparado ao latossolo amarelo distrófico, enquanto que para os períodos de multiplicação, entre 20 e 36 dias foram ideais para induzir um incremento superior aos períodos 65 e 129 dias de multiplicação (Tabela 2).

**Tabela 2.** Densidade de esporos em relação ao tipo de solo e tempo de multiplicação.

Tratamento	Médias	TM (dias)	Médias
SC	381,68 a	20	372,75 a
LA	113,12 b	36	314,50 a
		65	240,00 b
		129	62,37 c

\*TM: Tempo de multiplicação, SC: substrato comercial, LA: Latossolo amarelo distrófico. Letras minúsculas diferentes na coluna representam a diferença entre as médias pelo teste de Scott Knott, a  $p > 0,05\%$ .

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na literatura existem muitas informações conflitantes em relação a adaptação das micorrizas em diferentes solos, como discutido no estudo de Gaur e Adholey (2000), onde ressaltam que além da capacidade de adaptação do inóculo, a esporulação dos FMAs está relacionada com o tipo de solo utilizado durante a multiplicação.

O efeito dos fungos FMA de áreas com características semelhantes a de Savana corroboram com os resultados desse estudo, como o observado por Cordeiro et al. (2005) que observaram uma elevada variação no número de esporos quando utilizaram diferentes tipos de solos do Cerrado, mas sobretudo mostrando que em Latossolo

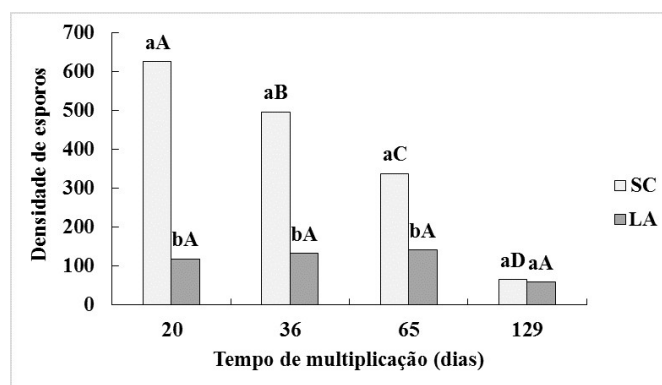


Vermelho, a produção de esporos também foi reduzida.

Quando utilizado o substrato comercial, a densidade de esporos de FMA foi inversamente proporcional aos tempos de multiplicação, sendo que aos 20 dias o número de esporos foi 840% superior aos 129 dias. Ao passo que, quando os esporos dos fungos foram multiplicados em Latossolo amarelo

distrófico, os tempos de multiplicação não influenciaram a densidade de esporos, se mantendo abaixo de 150 esporos a cada 100 g de amostra analisada. No entanto, aos 129 de multiplicação não se observou diferença significativa em relação a densidade de esporos dos fungos ( $p > 0,05$ ) ao SC (Figura 2).

**Figura 2.** Densidade de esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares oriundo de Alter do Chão em dois tipos de solo. Letras minúsculas representam diferenças entre os solos, letras maiúsculas representam a diferenças entre os tempos de multiplicação e as médias seguidas da mesma letra maiúscula e minúscula não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a  $p > 0,05\%$ . SC: substrato comercial e LA: latossolo amarelo distrófico.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A densidade de esporos do solo oriundo savana foi de 408 esporos em 100 g analisadas e desta forma, apenas os períodos de multiplicação equivalentes a 20 e 36 dias são

considerados ideais para aumentar o número de esporos. Campos et al. (2011) concluíram que não existe uma relação clara entre o tempo de multiplicação e a densidade dos esporos, e também que o

manejo e a idade das plantas promovem diferenças significativas nas taxas de colonização das raízes. Ferreira et al. (2012) também observaram que o manejo do latossolo vermelho, oriundo do cerrado, promove alterações na densidade de esporos. A área de savana onde as amostras de solo rizosférico foram coletadas encontrava-se em processo de recuperação de ações antrópicas locais, portanto a associação micorrízica de FMA é importante para sobrevivência de diversas espécies do ambiente. Estudando os FMA da Transamazônica (BR 230), região norte do estado do Pará, multiplicados em condições de laboratório, Santana et al. (2018) observaram grande potencial a ser explorado inoculando os esporos desses fungos em planta de Paricá (*Schizolobium parahyba* var.

*amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), apontando horizontes para prospecção em outras áreas e culturas. NO entanto, os autores mencionados obtiveram maiores concentrações de esporos em solo pobre em matéria orgânica, diferindo dos valores desse estudo, em que a densidade de esporo observados em solo rico em matéria orgânica, solo comercial, foi maior que em pobre em matéria orgânica, embora não haja diferença aos 129 dias de observação.

Para o percentual de infecção (PI) a diferença estatística foi observada apenas entre os tipos de solo, com o substrato comercial proporcionando um incremento no PI de 12% comparado ao Latossolo Amarelo distrófico (Tabela 3). Para o período de multiplicação não houve diferença, sendo o PI mantendo-se em cerca de 39 a 41%.

**Tabela 3.** Comparação das médias do percentual de infecção em relação ao solo e tempo de Multiplicação.

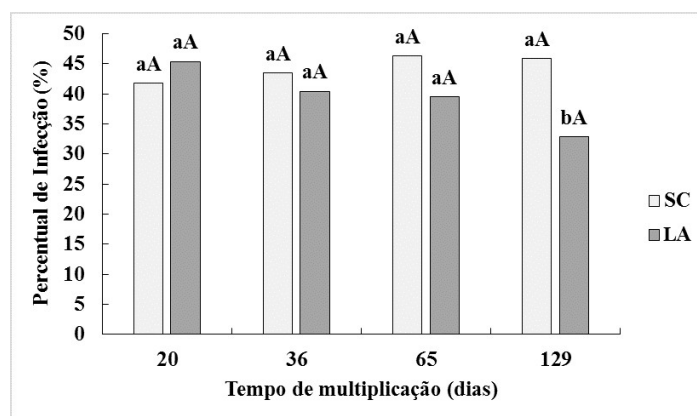
Tratamento	Médias	TM (dias)	Médias
SC	44,34 a	20	43,58 a
LA	39,52 b	36	42,87 a
		65	41,93 a
		129	39,33 a

\*TM: Tempo de multiplicação, SC: substrato comercial, LA: latossolo amarelo distrófico. Letras minúsculas diferentes representam a diferença entre as médias pelo teste de Scott Knott, a p >0,05%. Fonte: Elaborado pelos autores.

O PI do sistema radicular da *B. decumbens*, com exceção aos 129 dias onde o SC proporcionou 13% superior

ao LA, os tempos e tipos de solo não influenciaram a PI (Figura 3).

**Figura 3.** Percentual de infecção do sistema radicular de *B. decumbens* inoculadas com Fungos Micorrízicos Arbusculares oriundo de Alter-do-Chão. Letras minúsculas representam diferenças entre os solos, letras maiúsculas representam a diferenças entre os tempos de multiplicação e as médias seguidas da mesma letra maiúscula e minúscula não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a  $p > 0,05\%$ . SC: substrato comercial e LA: latossolo amarelo distrófico.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Mendonça et al. (2019) inocularam FMA em plantas de tomate cultivadas em substrato orgânico e observaram um percentual de infecção de 50%, em 92 dias de incubação, resultado superior ao encontrado no presente trabalho. Ramos et al. (2012) estudaram a colonização radicular de forrageiras solteiras e em consórcio com milho e verificaram que o percentual de infecção em *Brachiaria humidicola* de

60,42%, também superior ao presente trabalho, porém, no experimento ocorreu a adubação, sendo assim, as melhores condições nutricionais do solo possivelmente favoreceram a infecção. Caproni et al. (2003a) observaram que algumas espécies de FMA dependem das condições do substrato enquanto outras não, em algumas espécies verificaram um alto potencial de infectividade nas raízes de

*B. decumbens* a partir de uma semana de exposição em diferentes tipos de solo, apresentando alto número de propágulos. Além disso, a produção de esporos e o número de espécies de FMAs é afetada positivamente pelo tempo de revegetação e pela reposição do solo orgânico (CAPRONI et al., 2003b).

A semelhança no percentual de infecção não refletiu na densidade dos esporos, uma vez que, foi observado médias iguais de PI entre SC e LA nos períodos de coleta dos 20, 36 e 65 dias. Por outro lado, foi observado valor superior de DE no SC quando comparado com LA, nos mesmos tempos de multiplicação. Essa relação é observada por Caproni et al. (2003a) onde a capacidade infectiva dos FMAs não está relacionada a densidade de propágulos ou número de esporos. Barbosa et al. (2019) analisaram os efeitos de FMA em (*Urochloa brizantha*) como hospedeira e salientaram que o tempo de cultivo é fator determinante para o aumento da colonização podendo influenciar na multiplicação dos esporos. No entanto,

neste estudo, observamos que o PI não diferiu nos tempos de multiplicação e que os menores valores de DE ocorreram aos 129 dias, ou seja, o maior período para multiplicação.

Na interação entre FMAs e planta existe um fluxo bidirecional de nutrientes, onde as plantas fornecem fotoassimilados aos FMAs, em contrapartida, os FMAs fornecem minerais as plantas hospedeiras. Assim, grande quantidade de carboidratos produzidos pelas plantas são direcionados aos FMAs, o que exige uma maior taxa de fotossíntese líquida para a planta manter o crescimento.

Em condições de déficit nutricional ocorre diminuição da fotossíntese (SITKO et al., 2019), e consequentemente uma diminuição do fluxo de C aos FMAs, pois, estima-se que, cerca de 4% a 20% da fotossíntese líquida é transferida aos FMAs, que utilizam parte da energia para produção de esporos e hifas (MORGAN et al., 2005; COLODETE et al., 2014). Com a limitação do transporte de carboidratos aos FMA,

ocorre diminuição na produção de hifas e esporos.

No presente trabalho o LA, muito pobre nutricionalmente, a DE se manteve baixa durante todo o período de estudo, ou seja, houve limitação no transporte carboidrato as plantas, já no solo SC, pouco mais rico nutricionalmente, foi ocorrendo uma diminuição gradual na DE, ou seja, um esgotamento nutricional do solo presente no vaso. A DE foi limitada pela nutrição do solo, além disso, a PI diminui com o passar dos dias, ocorre a diminuição da produção de hifas e esporos provavelmente pelo esgotamento da energia. O mesmo foi proposto por Bressan e Vasconcellos (2002), que observaram resultados semelhantes em plantas de milho, onde concluíram que os menores valores de infecção foram em solos pobres nutricionalmente.

## CONCLUSÃO

A nutrição do solo pode influenciar na produção de esporos e no percentual de infecção das raízes de *Brachiaria decumbens* por Fungos

Micorrízicos Arbusculares nativos da savana de Alter do Chão. A produção de esporos e a infecção das raízes podem ocorrer em curtos períodos de tempo, portanto o SC aos 20 dias é o mais indicado para a produção de esporos nessas condições.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos pela realização deste trabalho a Universidade federal do Oeste do Pará - UFOPA e aos programas referentes aos editais: Edital 10/2018 PROPPIT/UFOPA programa de fomento a trabalhos de conclusão de curso – PROTCC e Edital nº 01/ICTA/UFOPA, de 18 de outubro de 2018 programa de fomento a trabalhos de conclusão de curso do ICTA – PROTCC/ICTA, que contribuíram com bolsas para os gastos referentes a pesquisa. Agradecemos também a toda a equipe do Laboratório de Fisiologia Vegetal e Crescimento de Plantas da UFOPA que auxiliou em todo desenvolvimento dos experimentos.

## REFERÊNCIAS

- ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONCALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711-728, 2013.
- BARBOSA, M. V.; PEDROSO, D. F.; PINTO, F. A.; SANTOS, J. V.; CARNEIRO, M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares e *Urochloa brizantha*: simbiose e multiplicação de esporos. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, v.49, p.e54530-e54530, 2019.
- BRUNDRETT, M. C. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. In: *Plant and Soil: An International Journal on Plant-Soil Relationships*, Springer, 2009. v.320, p.37-77.
- BRESSAN, W.; VASCONCELLOS, C. A. Alterações morfológicas no sistema radicular do milho induzidas por fungos micorrízicos e fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.509-517, 2002.
- CALDERÓN, A. D. A.; MORENO-SALAZAR, S. F.; GÓMEZ, E. F.; OCHOA-MEZA, A. Arbuscular mycorrhiza, carbon content and soil aggregation in Sonoran Desert plants. *Spanish Journal of Soil Science*, v. 9, n. 1, 2019.
- COLODETE, C. M.; de SOUZA, S. B.; BARBIRATO, J. de OLIVEIRA.; RUAS, K. F. Novas perspectivas da simbiose micorrízica e seus facilitadores transmembrânicos na interface da troca bidirecional de nutrientes minerais: revisão. *Biológicas & Saúde*, v. 4, n. 12, 2014.
- CAMPOS, D. T. da S.; da SILVA, M. de C. S.; da LUZ, J. M. R.; TELESFORA, R. J.; KASUYA, M. C. M. Colonização micorrízica em plantios de eucalipto. *Revista Árvore*, v. 35, p. 965-974, 2011.
- CARNEIRO, R. F. V.; MARTINS, M. A.; ARAUJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L. Inoculação micorrízica arbuscular e adubação fosfatada no cultivo de forrageiras consorciadas. *Archivos de Zootecnia*, v.60, p.1191-1202, 2011.
- CORDEIRO, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; JUNIOR, O. J. S. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 35, p. 147-153, 2005.
- CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R. L. L.; TRUFEM, S. B.; GRANHA, J. R. D. D. O.; MONTEIRO, A. B. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 12, p. 1409-1418, 2003.
- CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R. L. L.; GRANHA, J. R. D. D. O.; RIBEIRO, E. M. D. S.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas após mineração de

bauxita no Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 937-945, 2003.

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**, v. 36, n. 1, p. 51-61, 2012.

GAUR, A.; ADHOLEYA, A. Effects of the particle size of soil-less substrates upon AM fungus inoculum production. **Mycorrhizae**, v.10, p. 43-48, 2000.

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

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of the British Mycology Society**, v.46, p.235-44, 1963.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, n. 9, p. 692, 1964.

LIMA, N. E.; CARVALHO, A. A.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; MANFRIN, M. H. Caracterização e história biogeográfica dos ecossistemas secos neotropicais. **Rodriguésia**, v.69, n. 4, p.2209-2222, 2018.

LEHMANN, A.; LEIFHEIT, E. F.; RILLIG, M. C. Mycorrhizas and Soil Aggregation. In: **Mycorrhizal Mediation**

**of Soil: Fertility, Structure, and Carbon Storage**, Elsevier, 2017, p. 241-262.

MORRIS, E. K.; MORRIS, D. J. P.; VOGT, S.; GLEBER, S. C.; BIGALKE, M.; WILCKE, W.; RILLIG, M. C. Visualizing the dynamics of soil aggregation as affected by arbuscular mycorrhizal fungi. **The ISME journal**, v. 13, p. 1639-1646, 2019.

MENDONÇA, J. J.; OLIVEIRA, P. R.; SANTOS, J. S.; SANTOS, J. F. S.; MENEZES, G. S.; COSTA, F. M.; BARBOSA, A. V. G.; MARINO, R. H. Crescimento e colonização micorrízica do tomateiro IPA06 inoculado com fungos micorrízicos arbusculares em substrato orgânico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 14, p. e6559, 2019.

MORAES, J. M. A. S.; ZANCHI, C. S.; PIRES, G. C.; MORETTI, C. F.; BARBOSA, M. V.; SILVA, A. O.; PACHECO, L. P.; CARNEIRO, M. A. C.; OLIVEIRA, R. L.; KEMMELMEIER, K.; SOUZA, E. D. Arbuscular mycorrhizal fungi in integrated crop livestock systems with intercropping in the pasture phase in the Cerrado. **Rhizosphere**, v.11, p.100165, 2019.

MAGNUSSON, W. E.; LIMA, A. P.; ALBERNAZ, A. L.; SANAIOTTI, T. M.; GUILLAUMET, J. L. Composição florística e cobertura vegetal das savanas na região de Alter do Chão, Santarém-PA. **Brazilian Journal of Botany**, v. 31, n. 1, p. 165-177, 2008.

MORGAN, J. A. W.; BENDING, G. D.; WHITE, P. J. Biological costs and benefits to plant-microbe interactions in the rhizosphere. **Journal of**

**experimental botany**, v. 56, p. 1729-1739, 2005.

NOBRE, C. P.; COSTA, M. G. D.; GOTO, B. T.; GEHRING, C. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the babassu palm (*Attalea speciosa*) in the eastern periphery of Amazonia, Brazil. **Acta Amazonica**, v.48, p.321-329, 2018.

NUNES, A. B. D. C.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. D.; PINTO, F. A.; SANTOS, J. V. D.; CARNEIRO, M. A. C. Steel slag and phosphate nutrition of corn inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54: p.1-9, 2019.

OEHL, F.; SIEVERDING, E.; INEICHEN, K.; MÄDER, P.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 69, n. 5, p. 2816-2824, 2003.

PHILLIPS, P. S.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, v.55: p.158-161, 1970.

RODRIGUES, L. A.; BARROSO, D. G.; de ASSIS FIQUEIREDO, F. A. M. Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e na nutrição mineral de mudas de *Tectona grandis* LF. **Ciência Florestal**, v.28, p.25-34, 2018.

RAMOS, M. L. G.; FREITAS KONRAD, M. L.; SILVA, D. E.; JÚNIOR, W. Q. R.; BATISTA, L. M. T. Diversidade de fungos micorrízicos e colonização radicular, em forrageiras solteiras e em consórcio com milho. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 235-244, 2012.

SANTOS, J. A.; LARA, T. S.; CORREIA, T. S.; SOUSA, L. S. Influência da densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares nativos da Savana no desenvolvimento do milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon**, v. 9, n. 4, p. 21-28, 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P.K.T.; dos ANJOS, L. H. C.; de OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; de ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; de OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018, 356p.

SITKO, K.; GIEROŃ, Ż.; SZOPIŃSKI, M.; ZIELEŹNIK-RUSINOWSKA, P.; RUSINOWSKI, S.; POGRZEBA, M.; DASZKOWSKA-GOLEC, A.; HAZEM M. KALAJI, H. M.; MAŁKOWSKI, E. Influence of short-term macronutrient deprivation in maize on photosynthetic characteristics, transpiration and pigment content. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2019.

SALES, L. R.; SILVA, G. N. D.; SIQUEIRA, R. H. D. S.; CARNEIRO, M. A. C.; FAQUIN, V. Arbuscular mycorrhizal fungi on the biomass and nutrition of *Urochloa decumbens* at different soil



densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, p.943-951, 2018.

SANTANA, M. D. F.; DA SILVA, J. D. S.; CASTRO, A. B.; ALBINO, U. B. Micorrizas da Transamazônica (BR-230) e sua Influência no cultivo do paricá. **Revista Agroecossistemas**, v.10, p.43-54, 2018.

SILVA, A. L. M.; SANTANA, M. D. F.; DE JESUS PEREIRA, J. C.; RAIMAM, M. P.; ALBINO, U. B. Açai da Amazônia como corante de fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.35, p.475-479, 2015.

SAGGIN JUNIOR, O. J.; BORGES, W. L.; de NOVAIS, C. B.; da SILVA, E. M. R. Manual de curadores de germoplasma-micro-organismos: fungos micorrízicos arbusculares. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia- Documentos (INFOTECA-E)**, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/933491>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2021.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**. 3rd Edition, Academic Press, London. 2008, 800p.