



**UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS -UNIEVANGÉLICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, TECNOLOGIA E**  
**MEIO AMBIENTE**

TATIANE MARIA SILVA GONÇALVES

RELAÇÕES ECOLÓGICAS DE *Rhizophagus intraradices* E PATÓGENOS DE SOLO  
EM SOJA CULTIVADA EM CERRADO

Anápolis  
2024

TATIANE MARIA SILVA GONÇALVES

INOCULAÇÃO DE *Rhizophagus intraradices* E PATÓGENOS DE SOLO EM SOJA  
CULTIVADA EM CERRADO

Dissertação de mestrado  
apresentada no curso de Pós-  
Graduação em Sociedade,  
Tecnologia e Meio Ambiente,  
como requisito para a obtenção do  
grau de mestra.

Orientador: Dr. Jadson Belém de Moura

Anápolis  
2024



**FOLHA DE APROVAÇÃO**  
**RELAÇÕES ECOLÓGICAS DE *Rhizophagus intraradices* E PATÓGENOS DE SOLO EM**  
**SOJA CULTIVADA EM CERRADO**

**Tatiane Maria Silva Gonçalves**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente/ PPG STMA da Universidade Evangélica de Goiás/ UniEVANGÉLICA como requisito parcial à obtenção do grau de MESTRE.

Aprovado em 08 de setembro de 2024.

Linha de Pesquisa: **Sistemas Agrícolas Sustentáveis**

**Banca examinadora**



Prof. Dr. Jadson Belém de Moura  
Presidente/Orientador (UniEVANGÉLICA)



Profa. Dra. Josana de Castro Peixoto  
Examinador Interno (UniEVANGÉLICA)



Prof. Dr. Rodrigo Fernandes de Souza  
Examinador Externo (PUC-RJ)

G635

Gonçalves, Tatiane Maria Silva.

Relações ecológicas *Rhizophagus intraradices* e patógenos de solo em soja cultivada em cerrado. / Tatiane Maria Silva Gonçalves - Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás, 2024.  
24 p.; il.

Orientador: Prof. Dr. Jadson Belém de Moura.

Dissertação (mestrado) - Programa de pós-graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente - Universidade Evangélica de Goiás, 2024.

1. Fungos Micorrízicos Arbusculares 2. Controle Biológico 3. Doenças de Solo. 4. Savanas tropicais. I. Moura, Jadson Belém de II. Título.

CDU 504

Catálogo na Fonte  
Elaborado por Hellen Lisboa de Souza CRB1/1570

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, expresso minha profunda gratidão a Deus por tornar esta dissertação possível. Sua orientação divina e bondade infinita foram fundamentais para cada etapa desta jornada acadêmica.

À minha família, manifesto meu mais sincero agradecimento. Seu amor incondicional, apoio constante e compreensão foram os alicerces sobre os quais construí cada página deste trabalho. Cada sacrifício feito em meu nome é uma prova tangível do seu amor e dedicação, e por isso sou eternamente grata.

Aos meus amigos, verdadeiros tesouros em minha vida, agradeço por estarem ao meu lado em cada passo desta jornada, suas palavras de estímulo, gestos de amizade e momentos de descontração foram o combustível que alimentou minha jornada acadêmica. Com vocês, aprendi que o apoio mútuo é o que nos fortalece nos momentos de desafio.

Ao meu estimado orientador, Dr. Jadson Belém de Moura, expresso minha mais profunda gratidão. Sua orientação sábia, paciência e encorajamento foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Este momento não seria completo sem mencionar todos os professores, colegas de estudo e demais pessoas que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista, quero deixar registrado que cada interação, conselho e momento de troca foram valiosos para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Que este agradecimento seja apenas o começo de uma jornada de sucesso e aprendizado contínuo. Que possamos celebrar não apenas esta conquista, mas também as muitas que ainda virão, sempre lembrando da importância da gratidão e do apoio mútuo em nossa caminhada.

*"A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo."*

*Nelson Mandela*

## RESUMO

O Cerrado brasileiro, conhecido por suas extensas áreas agricultáveis e condições climáticas favoráveis, desempenha um papel crucial na produção de soja, uma cultura essencial para a segurança alimentar global. No entanto, a produtividade dessa cultura é frequentemente comprometida por doenças de solo que impactam negativamente seu desenvolvimento. A utilização de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA), como o *Rhizophagus intraradices*, emerge como uma alternativa promissora para o manejo integrado de doenças de solo. Objetivou-se com este estudo investigar o efeito da inoculação do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Rhizophagus intraradices* sobre a população de patógenos do solo e a saúde das plantas de soja cultivadas no Cerrado. O experimento foi conduzido utilizando um delineamento inteiramente casualizado com tratamentos em esquema fatorial 2x5. O primeiro fator foi a inoculação com *Rhizophagus intraradices* versus um tratamento controle sem inoculação. O segundo fator consistiu em áreas com ocorrência de cinco patógenos de solo: *Cercospora ssp.*, *Curtobacterium flaccumfaciens*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, e *Rhizoctonia solani*. A inoculação foi aplicada via tratamento de sementes. Durante o estágio R3 da soja, foram coletadas amostras de solo rizosférico e raízes para análise em laboratório, onde foram identificados e quantificados esporos de FMA e patógenos de solo através de métodos moleculares e microbiológicos. A inoculação com *Rhizophagus intraradices* resultou em uma redução significativa das populações de *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani*, mas não afetou significativamente as populações de *Cercospora ssp.*, *Curtobacterium flaccumfaciens*, e *Sclerotinia sclerotiorum*. A diversidade de gêneros de FMA nativos identificados também foi maior em áreas inoculadas. A inoculação de soja com *Rhizophagus intraradices* demonstrou ser uma estratégia promissora para o controle biológico de patógenos de solo, particularmente *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani*.

**Palavras-Chave:** Fungos Micorrízicos Arbusculares, Controle Biológico, Doenças de Solo, Savanas tropicais.

## ABSTRACT

The Brazilian Cerrado, known for its extensive arable areas and favorable climate conditions, plays a crucial role in the production of soybeans, a crop essential to global food security. However, the productivity of this crop is often compromised by soil diseases that negatively impact its development. The use of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), such as *Rhizophagus intraradices*, emerges as a promising alternative for the integrated management of soil diseases. This work aims to investigate the effect of inoculating the arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) *Rhizophagus intraradices* on the population of soil pathogens and the health of soybean plants grown in the Cerrado. The experiment was conducted using a completely randomized design with treatments in a 2x5 factorial scheme. The first factor was inoculation with *Rhizophagus intraradices* versus a control treatment without inoculation. The second factor consisted of areas with the occurrence of five soil-borne pathogens: *Cercospora ssp.*, *Curtobacterium flaccumfaciens*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, and *Rhizoctonia solani*. Inoculation was applied via seed treatment. During the R3 soybean cycle, samples of rhizospheric soil and roots were collected for analysis in the laboratory, where AMF spores and soil pathogens were identified and quantified using molecular and microbiological methods. Inoculation with *Rhizophagus intraradices* resulted in a significant reduction in the populations of *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*, but did not significantly affect the populations of *Cercospora ssp.*, *Curtobacterium flaccumfaciens*, and *Sclerotinia sclerotiorum*. The diversity of identified native AMF genera was also greater in inoculated areas. Inoculation of soybeans with *Rhizophagus intraradices* has demonstrated to be a promising strategy for the biological control of soil-borne pathogens, particularly *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*.

**Keywords:** Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Biological Control, Soil Diseases, Tropical Savannas.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>12</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>14</b>
<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>21</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) desempenha um papel central na segurança alimentar global, sendo uma fonte vital de proteína vegetal e óleo para consumo humano e animal, além de ser essencial para a produção de biocombustíveis<sup>1</sup>. Sua importância para o mundo é inquestionável, e o Brasil, como um dos maiores produtores e exportadores globais, desfruta de um papel proeminente nesse mercado. Dentro do Brasil, o Cerrado assume uma posição de destaque na produção de soja, graças às suas vastas áreas agricultáveis e condições climáticas favoráveis que, historicamente, têm sustentado rendimentos agrícolas elevados<sup>2</sup>.

O Cerrado brasileiro, com suas extensas planícies e solos com características físicas favoráveis<sup>3</sup>, representa uma das mais promissoras áreas para o cultivo de soja sendo vital para a economia agrícola do país<sup>4</sup>. No entanto, os solos de cerrado também apresentam características limitantes à produção, como a presença de solos ácidos e pouco férteis<sup>5</sup> e o risco de doenças de solo que podem afetar drasticamente as lavouras<sup>6-8</sup>.

Diante desses desafios, os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) surgem como uma alternativa favorável para mitigar os impactos negativos dos solos de cerrado. Sua atuação na promoção da tolerância da planta à estresses abióticos já amplamente conhecido e investigado<sup>9-14</sup>, mas a atuação dos FMA nas plantas também traz benefícios em relação à ação dos agentes patogênicos, principalmente os de solo<sup>15,16</sup>.

A inoculação com espécies de FMA, como *Rhizophagus intraradices*, tem mostrado potencial para aumentar a resiliência das plantas frente aos agentes patogênicos, graças à indução de mecanismos de defesa, melhoria no vigor e sanidade da planta e à promoção de um ambiente rizosférico antagonista à proliferação de doenças<sup>17-20</sup>. Patógenos de solo como *Cercospora* spp., *Curtobacterium flaccumfaciens*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia sclerotiorum* e *Rhizoctonia solani* são responsáveis por uma série de enfermidades que afetam as plantas de soja, reduzindo os rendimentos e aumentando os custos com medidas de controle e manejo. Essas doenças não só impactam a saúde das plantas e a produtividade dos campos, mas também afetam o mercado global, dada a importância da soja na economia agrícola<sup>21-23</sup>.

A implementação dos FMA como parte das práticas agrícolas no cerrado pode representar um avanço significativo em termos de sustentabilidade e eficiência reduzindo a dependência de insumos químicos e fomentando o uso de soluções biológicas sustentáveis.

O manejo integrado de doenças de solo com a inoculação de FMA pode ser fundamental para garantir a produtividade da soja em longo prazo, fortalecendo a posição do Brasil como líder global no uso de manejo biológico da soja e contribuindo para a estabilidade da produção agrícola no cerrado. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as relações ecológicas resultantes da inoculação de *Rhizophagus intraradices* em soja cultivada em Cerrado sobre a população de patógenos de solo.

## 2. METODOLOGIA

O experimento foi instalado em um Oxisol<sup>24</sup> na localização geográfica 15°22'48.2"S 49°20'56.4"W. O clima no local é classificado, segundo Köppen (ALVARES et al., 2014), como tropical estacional (Aw), sendo caracterizado por duas estações bem definidas (seca e chuvosa), assim como a ocorrência de períodos de estiagem durante a estação chuvosa.

A variedade de soja escolhida para a realização do experimento foi BRS 8383IPRO, em função da recomendação regional. O delineamento utilizado foi em inteiramente casualizado, com 4 repetições com tratamentos dispostos em esquema fatorial de 2x5, onde o primeiro fator consiste na inoculação de *Rhizophagus intraradices* tratamento controle, e o segundo fator consiste em áreas com ocorrências de cinco patógenos de solo: *Cercospora ssp*, *Curtobacterium flaccumfaciens*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia sclerotiorum* e *Rhizoctonia solani*. As áreas foram escolhidas por apresentar ocorrência dos patógenos investigados.

A inoculação foi realizada via tratamento de sementes, na dosagem de 150g de inoculante por hectare, com a concentração de 167.000 propágulos de *R. intraradices* por grama de inoculante. Durante o estágio R3 da soja, foi realizada a coleta de solos da rizosfera e raízes na camada de 0-10 cm. Todas as amostragens foram feitas coletando solo aleatoriamente distribuídos em cada parcela. As análises foram realizadas no laboratório de microbiologia agrícola da Faculdade Evangélica de Goianésia.

Os esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) foram extraídos de 50 cm<sup>3</sup> solo rizosférico pela técnica de peneiramento úmido<sup>25</sup> seguida por centrifugação em água e solução de sacarose 50%. Os esporos foram separados de acordo com suas características fenotípicas como cor, tamanho e forma, compondo os diferentes morfotipos, sob lupa binocular estereoscópica.

Para a determinação da porcentagem de colonização, as raízes foram clarificadas e coradas com 0,05% de Azul-de- Trypan em lactoglicerol<sup>26</sup>, 1970) e a avaliação da

colonização foi feita em microscópio estereoscópico, seguindo a técnica de interseção dos quadrantes <sup>27</sup>. Para a identificação dos gêneros de FMAs a partir das características morfológicas, os esporos foram separados de acordo com seus morfotipos e montados em lâminas com polivinil-lacto-glicerol (PVLG) puro e PVLG misturados com Melzer (1:1 v/v). Para subsidiar o trabalho de identificação, foram utilizados artigos originais da descrição das espécies e descrições das espécies fornecidas no site da “International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi” <sup>28</sup>.

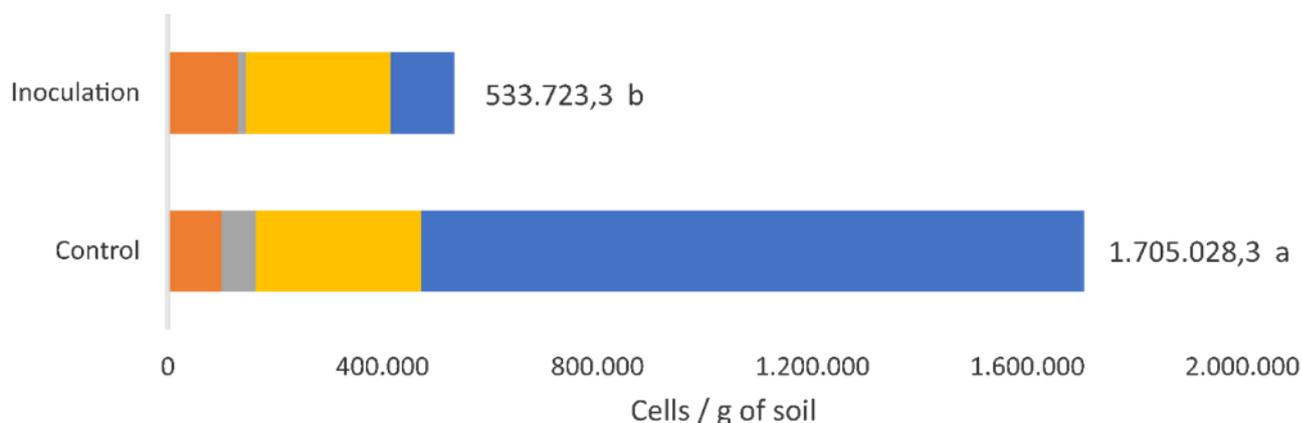
Para a quantificação dos patógenos de solo foi utilizado o método de identificação molecular, o processo de extração de DNA genômico das amostras de solo foi utilizado o DNeasy® PowerSoil® Pro Kit (Qiagen), seguindo protocolo estabelecido pelo fabricante. Este kit permite a eliminação de inibidores de reação de qPCR presente nas amostras, que ocasionalmente prejudicariam a eficiência das análises, garantindo o sucesso na operação. Após a obtenção do DNA, a sua integridade foi verificada através de eletroforese em gel de agarose (1%), já a sua concentração e pureza foi verificada utilizando o espectrofotômetro NanoDrop® 2000 Thermo Scientific. Após essas etapas, foi elaborado um relatório de controle de qualidade das amostras. Após a aprovação, o próximo passo é utilizar esses DNAs para as análises de qPCR.

Para as análises de qPCR foram utilizados primers específicos para as espécies, contratados pelo cliente, os quais permitem a identificação e quantificação destes microrganismos, caso presentes nas amostras. Juntamente com esse primers, são utilizados esses DNAs e o reagente GoTaq® qPCR Master Mix (Promega). Essas amostras são misturadas, distribuídas em poços individuais e sempre em triplicatas. Sempre é utilizado controle negativo (o mesmo mix de reação com ausência de DNA), e o controle positivo (o mesmo mix de reação contendo DNA do microrganismo selecionado). Essa placa é transferida para o equipamento QIAquant 96 5 plex (Qiagen), no qual ocorrerá a corrida das amostras. Após a finalização da corrida, com período estipulado pelo equipamento, é possível visualizar os números e convertê-los em célula por grama de solo.

Os dados foram submetidos à análise de variância, teste Tukey a 5% de probabilidade, e as análises estatísticas foram realizadas pelo software Agrostat <sup>29</sup> e as análises de *clusters*, correspondência canônica, e índices de diversidade foram realizadas pelo software Past <sup>30</sup>.

### 3. RESULTADOS

A inoculação de *R. intraradices* influenciou diretamente a população total de patógenos do solo (Figura 1). A área com inoculação apresentou populações inferiores de patógenos quando comparadas às sem inoculação.

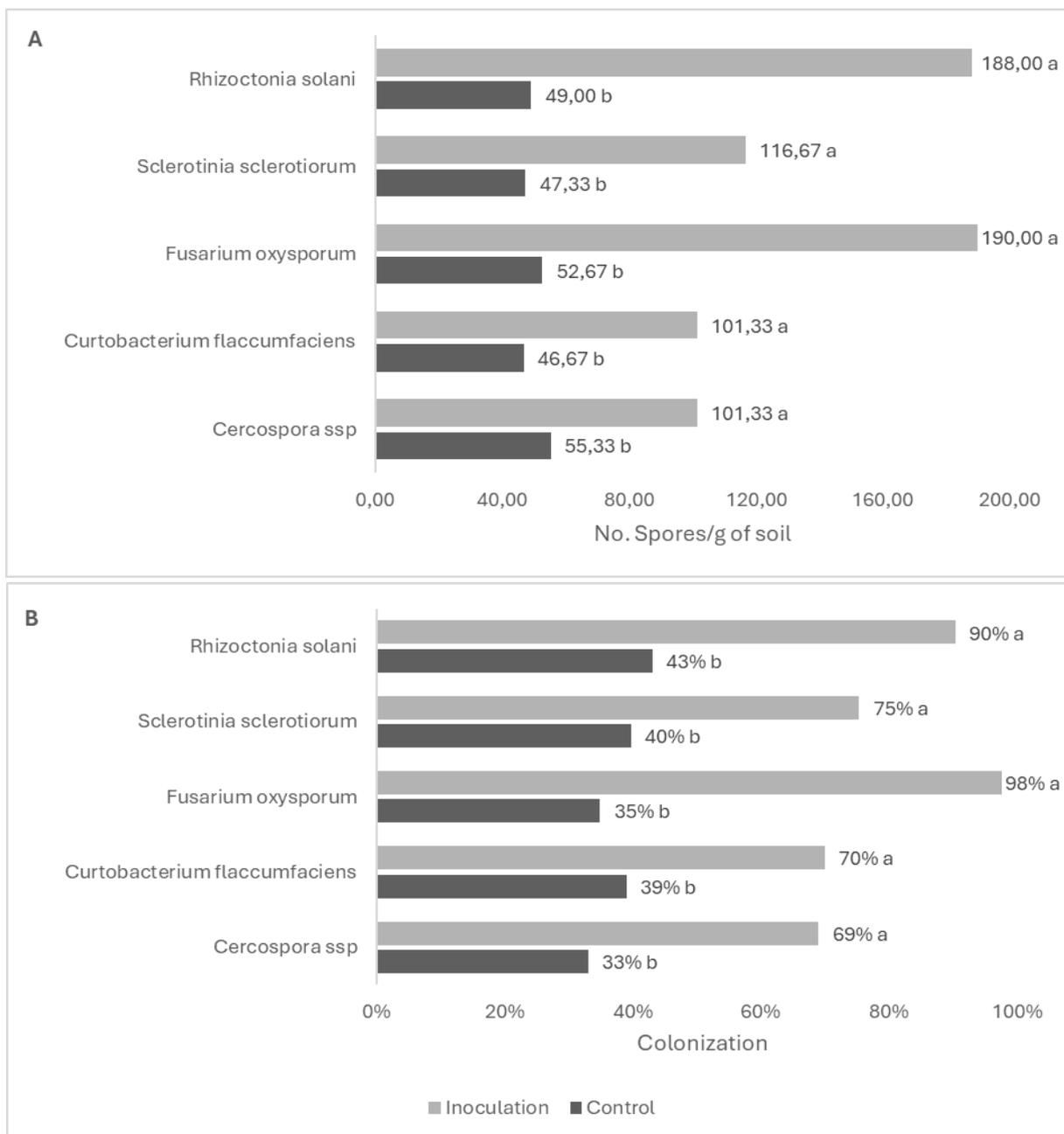


	Control	Inoculation
■ <i>Cercospora ssp</i>	1.428 a	1.829 a
■ <i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	98.860 a	129.262 a
■ <i>Fusarium oxysporum</i>	63.899 a	13.220 b
■ <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	307.882 a	268.920 a
■ <i>Rhizoctonia solani</i>	1.232.960 a	120.492 b

**Figura 1.** Influência da Inoculação de *R. intraradices* sobre a população de patógenos de solo em soja cultivada em Cerrado. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A inoculação não exerceu influência sobre as populações de *Cercospora ssp*, *Curtobacterium flaccumfaciens* e *Sclerotinia sclerotiorum*. Já as populações de *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani* foram negativamente influenciadas pela presença de *R. intraradices*. Nas áreas sem inoculação, a população de *F. oxysporum* e *R. solani* foram de 63.899 Células/g de solo e 1.232.960 Células/g de solo, respectivamente, comparados às áreas com inoculação que a população foi de 13.220 Células/g de solo e 120.492 Células/g de solo.

Foi verificado a atividade micorrízica nos tratamentos investigados através da taxa de colonização micorrízica e densidade de esporos no solo (Figura 2). A inoculação de *R. intraradices* influenciou os valores de densidade de esporo e colonização micorrízica em todas as áreas com incidência de patógenos de solo.



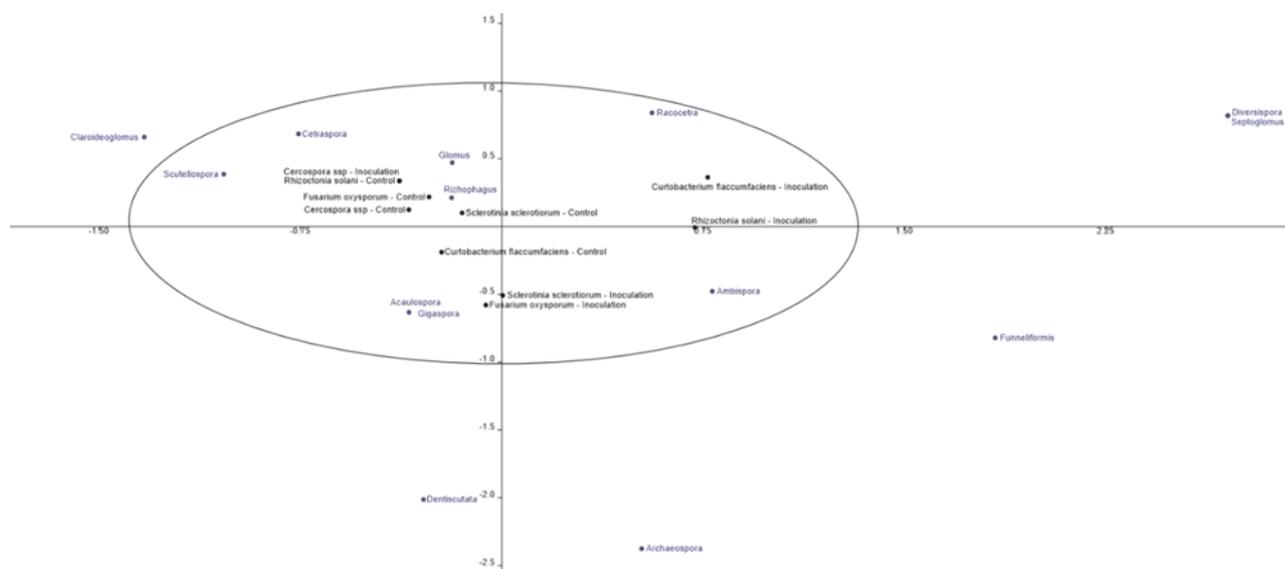
**Figura 2.** Influência da inoculação de *R. intraradices* em áreas com patógenos do solo em soja cultivada em Cerrado sobre a densidade de esporos no solo (A) e Taxa de colonização micorrízica (B). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O quadro 1 apresenta os gêneros identificados em rizosfera de soja cultivada em Cerrado sob Influência da inoculação de *R. intraradices* em áreas com patógenos de Solo. Os gêneros *Glomus*, *Racocetra* e *Rizhophagus* foram os mais comuns em todos os tratamentos investigados.

**Quadro 1.** Gêneros de Fungos micorrízicos Arbusculares identificados em rizosfera de Soja cultivada em Cerrado sob Influência da inoculação de *R. intraradices* em áreas com Patógenos de Solo. Legenda: In - inoculação. Co - Controle.

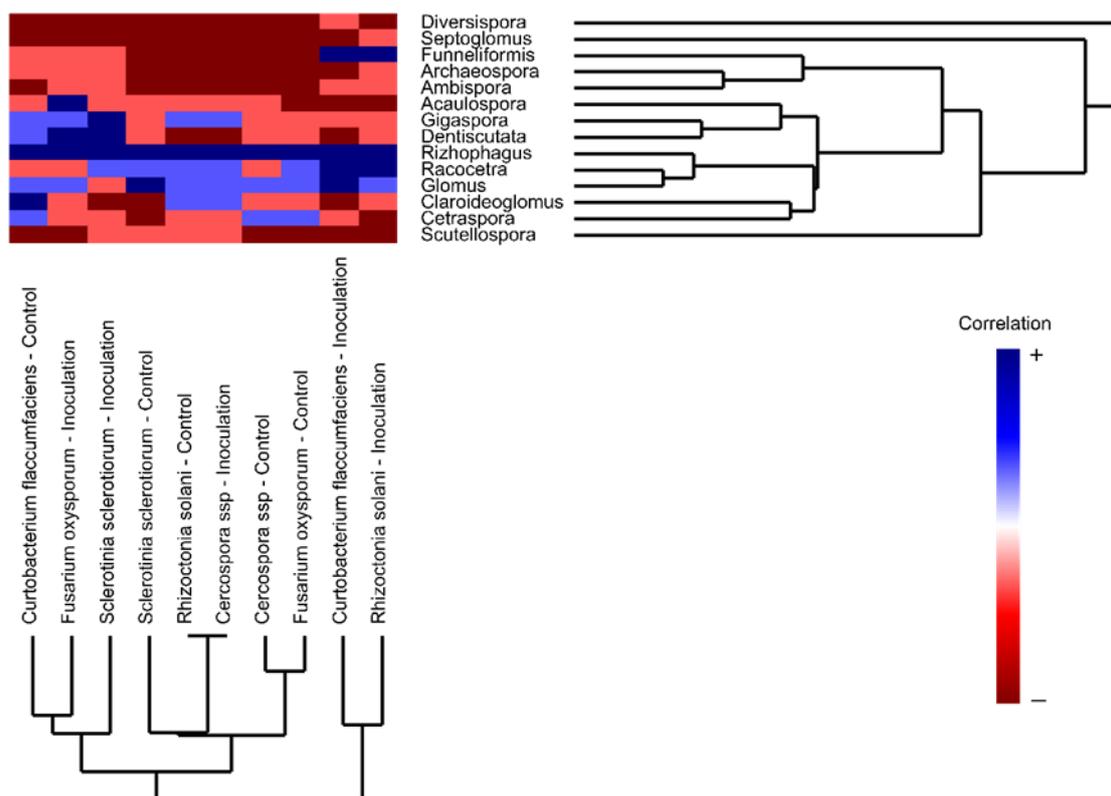
AMF Genera	<i>Cercospora ssp</i>		<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>		<i>Fusarium oxysporum</i>		<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		<i>Rhizoctonia solani</i>	
	In.	Co.	In.	Co.	In.	Co.	In.	Co.	In.	Co.
<i>Acaulospora</i>	+	+		+	+		+	+		+
<i>Ambispora</i>			+		+		+		+	
<i>Archaeospora</i>				+	+		+		+	
<i>Cetraspora</i>	+	+	+	+	+	+	+			+
<i>Claroideoglossum</i>	+	+		+	+	+			+	+
<i>Dentiscutata</i>		+		+	+	+	+	+	+	
<i>Diversispora</i>			+							
<i>Funneliformis</i>			+	+	+		+		+	
<i>Gigaspora</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Glomus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Racocetra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Scutellospora</i>	+						+	+		+
<i>Septoglossum</i>									+	
<i>Rizhophagus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

A análise de correspondência canônica tem por finalidade verificar a afinidade de gêneros de FMA com os tratamentos investigados (Figura 3). Os gêneros *Acaulospora*, *Ambispora*, *Cetraspora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Racocetra*, *Scutellospora* e *Rizhophagus* apresentam alta afinidade com os tratamentos investigados. Já os gêneros *Diversispora*, *Funneliformis*, *Septoglossum*, *Archaeospora*, *Dentiscutata* e *Claroideoglossum* são casualmente encontrados associados à rizosfera de soja sob as condições estudadas.



**Figura 3.** Análise de correspondência canônica de gêneros de Fungos Micorrízicos Arbusculares identificados em rizosfera de Soja cultivada em Cerrado sob Influência da inoculação de *R. intraradices* em áreas com Patógenos de Solo.

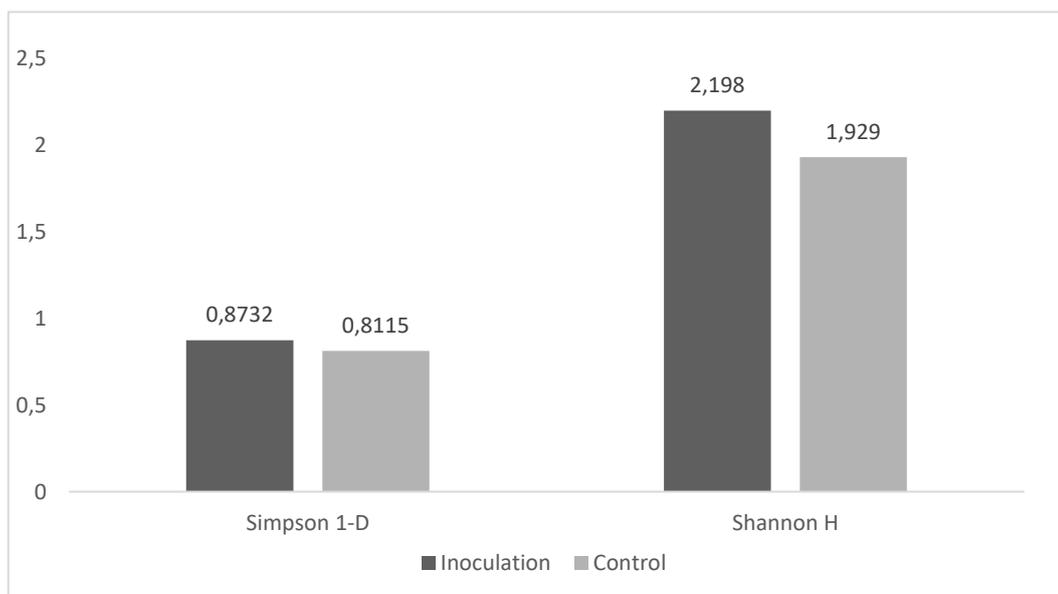
A figura 4 mostra o agrupamento em Clusters de Gêneros de Fungos Micorrízicos Arbusculares identificados em rizosfera de Soja cultivada em Cerrado sob Influência da inoculação de *R. intraradices* em áreas com patógenos de Solo.



**Figura 4.** Agrupamento em Clusters de Gêneros de Fungos Micorrízicos Arbusculares identificados em rizosfera de Soja cultivada em Cerrado sob Influência da inoculação de *R. intraradices* em áreas com patógenos de Solo.

A figura 5 apresenta Índices de diversidade de Simpson (1-D) e Shannon de organismos em rizosfera de Soja cultivada em Cerrado sob Influência da inoculação de *R. intraradices* em áreas com Patógenos de Solo.

O Índice de Simpson 1-D representa a probabilidade de que duas entidades retiradas aleatoriamente da amostra sejam da mesma espécie. Um valor mais próximo de 1 indica uma alta diversidade. No gráfico, o valor para a Inoculação é levemente superior (0,8732) em comparação ao Controle (0,8115), sugerindo que a inoculação pode ter promovido uma ligeira aumento na diversidade de espécies de fungos micorrízicos no solo.



**Figura 5.** Índices de diversidade de Simpson (1-D) e Shannon de organismos em rizosfera de Soja cultivada em Cerrado sob Influência da inoculação de *R. intraradices* em áreas com Patógenos de Solo.

O Índice de Shannon H leva em conta não apenas a riqueza de espécies (número de espécies diferentes), mas também a equitabilidade (uniformidade da distribuição das espécies). Valores mais altos indicam maior diversidade e distribuição mais uniforme das espécies na comunidade. O valor do Índice de Shannon para a Inoculação (2,198) é maior do que para o Controle (1,929), indicando que a comunidade micorrízica nas áreas inoculadas é não só mais diversa, mas também mais equitativamente distribuída do que no Controle.

#### 4. DISCUSSÃO

A inoculação resultou em uma redução significativa na população total de patógenos do solo. Esse efeito pode ser atribuído à capacidade do fungo micorrízico de promover um ambiente rizosférico menos favorável para o desenvolvimento de patógenos, além de fortalecer as defesas da planta<sup>15,31</sup>.

Apesar da redução geral na população de patógenos, nem todos os patógenos foram afetados da mesma maneira. Enquanto as populações de *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani* foram significativamente reduzidas pela inoculação, as de *Cercospora ssp.*, *Curtobacterium flaccumfaciens* e *Sclerotinia sclerotiorum* não apresentaram

diferenças significativas entre os tratamentos com e sem inoculação. Isso sugere que a eficácia do controle biológico pode variar entre diferentes espécies de patógenos. Hashem et al.<sup>32</sup> e Pu et al.<sup>33</sup> verificaram influência positiva da atuação de micorrizas no controle de fusarioses e Wu et al.<sup>34</sup> e D. Aljawasim et al.<sup>35</sup> verificaram Rhizoctonia sendo controlada pela atuação de micorrizas.

A diferença na resposta dos patógenos à inoculação pode estar relacionada às suas distintas estratégias de infecção e interação com as plantas hospedeiras. *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani* são patógenos que atuam diretamente as raízes das plantas<sup>35-38</sup>, enquanto *Cercospora* ssp. e *Sclerotinia sclerotiorum* causam doenças principalmente nas partes aéreas das plantas<sup>36,39</sup>. Isso pode explicar por que a inoculação com *R. intraradices* teve um impacto mais significativo nos primeiros, que estão em contato mais direto com a rizosfera e, conseqüentemente, com os FMA.

A maior taxa de colonização micorrízica observada nas áreas inoculadas indica uma interação mais eficiente entre o fungo e as raízes das plantas de soja. Essa interação é fundamental para os benefícios associados aos FMA, como a melhoria na absorção de nutrientes, maior tolerância ao estresse hídrico e proteção contra patógenos do solo. É importante destacar que a eficácia da inoculação é influenciada por fatores como as condições edafoclimáticas, manejo agrícola e a compatibilidade entre o FMA e a planta hospedeira<sup>13,40,41</sup>.

A presença de diversos gêneros de FMA na rizosfera das plantas de soja indica uma comunidade micorrízica diversificada, que pode trazer benefícios variados para as plantas hospedeiras. Cada gênero de FMA pode ter características específicas que influenciam sua interação com as plantas e sua capacidade de promover o crescimento e a saúde das plantas. A inoculação com *R. intraradices* alterou significativamente a composição de gêneros de FMA na rizosfera das plantas de soja. Isso sugere que a inoculação pode ser uma estratégia complementar para enriquecer a comunidade de FMA no solo, sem deslocar os gêneros nativos.

Os gêneros que apresentaram alta afinidade com os tratamentos podem estar desempenhando papéis críticos na promoção da saúde das plantas e na supressão de patógenos do solo. Estes gêneros podem ter habilidades específicas em formar redes micorrízicas mais eficientes, melhorar a absorção de nutrientes ou ativar defesas da planta contra estresses bióticos e abióticos. Por outro lado, os gêneros encontrados casualmente podem indicar uma adaptação menos específica às condições da rizosfera modificada pela

inoculação ou uma menor capacidade de competição em ambientes dominados por *R. intraradices*.

O Índice de Simpson (1-D) e o Índice de Shannon são usados para quantificar a biodiversidade, considerando não apenas a riqueza de espécies, mas também a equitabilidade na distribuição das espécies dentro da comunidade. Valores mais altos nestes índices sugerem que a inoculação promove não só uma comunidade mais diversa, mas também mais equilibradamente distribuída. Uma maior diversidade e equitabilidade podem proporcionar benefícios significativos para as plantas hospedeiras, incluindo uma maior resiliência a estresses bióticos e abióticos e uma melhoria na nutrição das plantas devido à ampla gama de funções ecológicas desempenhadas por diferentes gêneros de FMA.

A elevação nos índices de diversidade nas áreas inoculadas pode também refletir um ambiente subterrâneo mais saudável e sustentável, que suporta uma variedade maior de interações benéficas entre as plantas e os microrganismos do solo. Esse ambiente pode ser crucial para a sustentabilidade a longo prazo das práticas agrícolas no Cerrado. Esses resultados destacam a importância de considerar a diversidade micorrízica como um componente chave nas estratégias de manejo do solo e da saúde das plantas. A manipulação consciente da comunidade de FMA através de inoculações direcionadas pode ser uma ferramenta valiosa para melhorar a qualidade do solo, aumentar a eficiência do uso de nutrientes e promover um maior rendimento das culturas, enquanto se reduz a dependência de insumos químicos.

## 5. CONCLUSÕES

A inoculação com o fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus intraradices* pode significativamente reduzir a população de patógenos do solo em cultivos de soja no Cerrado, destacando-se especialmente contra *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani*.

A diversidade e equitabilidade da comunidade micorrízica foram maiores em áreas tratadas com o inoculante, o que pode contribuir para a sustentabilidade do sistema agrícola, reduzindo a dependência de insumos químicos e fomentando práticas de manejo mais ecológicas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEYEMI, N. O.; ATAYESE, M. O.; SAKARIYAWO, O. S.; AZEEZ, J. O. **Mycorrhizal growth and phosphorus responses of tropical soybean (*Glycine max* L.) cultivars differ with arbuscular mycorrhizal fungi isolates and phosphorus application rates in a derived-savanna zone of Nigeria.** *Journal of Plant Nutrition*, v. 0, p. 1–17, 2021.
- AGUILERA, P. et al. **Selection of aluminum tolerant cereal genotypes strongly influences the arbuscular mycorrhizal fungal communities in an acidic Andosol.** *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 246, p. 86–93, 2017.
- AKER, A. M. et al. **Arbuscular mycorrhizal fungi in the Cerrado biome: Effects of land use system, soil texture, and seasonality.** *Revista Caatinga*, v. 35, p. 11, 2022.
- AIT-EL-MOKHTAR, M. et al. **Alleviation of detrimental effects of salt stress on date palm (*Phoenix dactylifera* L.) by the application of arbuscular mycorrhizal fungi and/or compost.** *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4, 2020.
- ALJAWASIM, B. D.; KHAEIM, H. M.; MANSHOOD, M. A. **Assessment of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus* spp.) as potential biocontrol agents against damping-off disease *Rhizoctonia solani* on cucumber.** *Journal of Crop Protection*, v. 9, p. 141–147, 2020.
- AZCÓN-AGUILAR, C.; JAIZME-VEGA, M. C.; CALVET, C. **The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to the control of soil-borne plant pathogens.** In: GIANINAZZI, S. et al. (Eds.). *Mycorrhizal Technology in Agriculture: From Genes to Bioproducts*. Basel: Birkhäuser, 2002. p. 187–197. DOI: 10.1007/978-3-0348-8117-3\_15.
- BAKER, R. **Mechanisms of biological control of soil-borne pathogens.** *Annual Review of Phytopathology*, v. 6, p. 263–294, 1968.
- BOROWICZ, V. A. **Do arbuscular mycorrhizal fungi alter plant–pathogen relations?** *Ecology*, v. 82, p. 3057–3068, 2001.
- CHÁVEZ, A. R.; JARA, A. S. A. **Control de los hongos del suelo *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp. y *Sclerotium* sp. con extractos vegetales.** *Investigación Agraria*, v. 14, p. 17–23, 2014.
- COMBY, M. et al. **Arbuscular mycorrhizal fungi as potential bioprotectants against aerial phytopathogens and pests.** In: WU, Q.-S. (Ed.). *Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants*. Singapore: Springer, 2017. p. 195–223. DOI: 10.1007/978-981-10-4115-0\_9.
- COSTA, F. de F. et al. **New insights on environmental occurrence of pathogenic fungi based on metagenomic data from Brazilian Cerrado biome.** *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 65, e22210097, 2022.
- DAR, G. H.; ZARGAR, M. Y.; BEIGH, G. M. **Biocontrol of *Fusarium* root rot in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by using symbiotic *Glomus mosseae* and *Rhizobium leguminosarum*.** *Microbial Ecology*, v. 34, p. 74–80, 1997.

DE CORATO, U. **Soil microbiota manipulation and its role in suppressing soil-borne plant pathogens in organic farming systems under the light of microbiome-assisted strategies.** Chemical and Biological Technologies in Agriculture, v. 7, p. 17, 2020.

GONÇALVES Jr., A. C. et al. **Fate of atrazine in soybean (*Glycine max* L.) and corn (*Zea mays* L.) succession in Brazilian subtropical conditions.** Soil and Tillage Research, v. 237, 105958, 2024.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. **Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting.** Transactions of the British Mycological Society, v. 46, p. 235–244, 1963.

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

HASHEM, A. et al. **Mycorrhizal fungi induced activation of tomato defense system mitigates *Fusarium* wilt stress.** Saudi Journal of Biological Sciences, v. 28, p. 5442–5450, 2021.

HAMMER, Ø. **Past 4.x - PAleontological STatistics.** Natural History Museum, University of Oslo, 2021.

INVAM. **International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi.** West Virginia University, 2022. Disponível em: <https://invam.ku.edu/>. Acesso em: 16 set. 2023.

JIE, W.; YANG, D.; YAO, Y.; GUO, N. **Effects of *Rhizophagus intraradices* on soybean yield and the composition of microbial communities in the rhizosphere soil of continuous cropping soybean.** Scientific Reports, v. 12, p. 17390, 2022.

MASCHIO, L. M. de A. **O gênero *Fusarium* nos solos sob cerrado do Distrito Federal.** 2023.

MORAIS, E. M. et al. **Endophytic *Trichoderma* strains isolated from forest species of the Cerrado-Caatinga ecotone are potential biocontrol agents against crop pathogenic fungi.** Plos One, v. 17, e0265824, 2022.

MOREIRA, G. M. et al. **Physical quality of soils under a crop-livestock-forest system in the Cerrado/Amazon transition region.** Revista Árvore, v. 42, 2018.

MOURA, J. B. et al. **Effects of a megafire on the arbuscular mycorrhizal fungal community and parameters in the Brazilian Cerrado ecosystem.** Forest Systems, v. 31, p. e001–e001, 2022.

MOURA, J. B.; CABRAL, J. S. R. **Mycorrhizas in Central Savannahs: Cerrado and Caatinga.** In: PAGANO, M. C.; LUGO, M. A. (Eds.). *Mycorrhizal Fungi in South America*. Cham: Springer, 2019. p. 193–202. DOI: 10.1007/978-3-030-15228-4\_10.

PU, C. et al. **Arbuscular mycorrhizal fungi enhance disease resistance of *Salvia miltiorrhiza* to *Fusarium* wilt.** Frontiers in Plant Science, v. 13, 2022.

RYKER, T. C. The Rhizoctonia disease of Bermuda Grass, Sugarcane, Rice, and other grasses in Louisiana. 1939.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. 1998.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS, J. M. dos et al. **Mycorrhizal activity as a quality indicator in the use of mining slag as soil conditioner**. African Journal of Microbiology Research, v. 15, p. 89–94, 2021.

SAUTUA, F. J. et al. **Trichoderma harzianum and Glomus intraradices dual inoculation against soybean damping-off caused by Rhizoctonia solani in Argentina**. Biocontrol Science and Technology, v. 36, p. 721–726, 2021.

SMITH, S. E.; READ, D. J. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3. ed. Amsterdam: Academic Press, 2008.

YAMAMOTO, R. H. et al. **Dry matter partitioning, nutrient accumulation and mycorrhizal colonization of soybean grown in an Oxisol under different phosphorus levels**. Agronomy, v. 13, p. 2077, 2023.

ZHANG, X. et al. Enhanced resistance to Fusarium wilt of watermelon by watermelon rootstock inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and Glomus spp. *Microorganisms*, v. 9, p. 2185, 2021.