

## Colonização natural de fungos micorrízicos em pomar de laranjeira 'Pera' sob diferentes fontes de adubação orgânica



OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Tabuleiros Costeiros  
Ministério da Agricultura e Pecuária**

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
186**

**Colonização natural de fungos micorrízicos  
em pomar de laranjeira ‘Pera’ sob  
diferentes fontes de adubação orgânica**

*Antonio Alberto Rocha Oliveira  
Joézio Luiz dos Anjos  
Lafayette Franco Sobral  
Luciana Marques de Carvalho*

**Embrapa Tabuleiros Costeiros  
Aracaju, SE  
2023**

**Embrapa Tabuleiros Costeiros**  
Av. Gov. Paulo Barreto de Menezes, nº 3250  
CEP 49025-040, Aracaju, SE  
Fone: +55 (79) 4009-1300  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

**Embrapa Tabuleiros Costeiros**

Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente  
*Viviane Talamini*

Secretária-Executiva  
*Ana da Silva Lédo*

Membros  
*Aldomário Santo Negrisoli Júnior, Ana Veruska Cruz da Silva Muniz, Angela Puchnick Legat, Elio Cesar Guzzo, Fabio Enrique Torresan, Josué Francisco da Silva Junior, Julio Roberto Araujo de Amorim, Emiliano Fernandes Nassau Costa, Renata da Silva Lopes de Santana*

Supervisão editorial e editoração eletrônica  
*Aline Gonçalves Moura*

Normalização bibliográfica  
*Josete Cunha Melo*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Foto da capa  
*Francisco José dos Santos*

**1ª edição**  
Publicação digital - PDF (2023)

#### **Todos os direitos reservados**

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

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Tabuleiros Costeiros

---

Colonização natural de fungos micorrízicos em pomar de laranja 'Pera' sob diferentes fontes de adubação orgânica / Antônio Alberto Rocha Oliveira ... [et al.]. – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2023.

27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961; 186).

1. Laranja. 2. Fungo. 3. Adubação orgânica. 4. Citrus. 5. Nutrição vegetal. I. Oliveira, Antônio Alberto Rocha. II. Anjos, Joézio Luiz dos. III. Sobral, Lafayette Franco. IV. Carvalho, Luciana Marques de. V. Série.

CDD 634.31

## Sumário

---

Resumo .....	4
Abstract .....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos .....	9
Resultados e Discussão .....	13
Conclusões.....	20
Agradecimentos.....	20
Referências .....	20

# Colonização natural de fungos micorrízicos em pomar de laranja 'Pera' sob diferentes fontes de adubação orgânica

Antonio Alberto Rocha Oliveira<sup>1</sup>

Joézio Luiz dos Anjos<sup>2</sup>

Lafayette Franco Sobral<sup>3</sup>

Luciana Marques de Carvalho<sup>4</sup>

**Resumo** – Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos comuns da rizosfera, que se associam às raízes, incrementando a absorção de nutrientes e estimulando o crescimento das plantas. A compreensão do efeito de práticas agroecológicas sobre a associação micorrízica pode auxiliar no desenvolvimento de técnicas de cultivo mais eficientes na utilização de recursos do solo. Desta forma o presente trabalho teve como objetivo avaliar a ocorrência natural de FMA em pomar de laranja 'Pera', enxertada em limoeiro 'Cravo', sob a influência de quatro diferentes fontes de adubação orgânica: biomassa de gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.]; esterco ovino; esterco ovino + biofertilizante; e torta de mamona (*Ricinus communis* L.). O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições e parcela útil composta por três plantas. Amostras de solo e raízes foram coletadas na camada de 0 - 20 cm, na área de projeção da copa das plantas e a avaliação da colonização foi feita com base na presença de hifas, vesículas e arbúsculos nas raízes secundárias. Os esporos dos FMA foram extraídos de 50 g de solo. Após a extração, foi feita a contagem dos esporos ao microscópio óptico. A colonização por FMA mostrou-se elevada

---

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Biologia Pura e Aplicada, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, PhD. em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

<sup>4</sup> Bióloga, doutora em Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

em todos os tratamentos. O sistema radicular das plantas cítricas adubadas com gliricídia apresentou maior colonização micorrízica natural que os demais adubos orgânicos. As famílias de FMA de maior ocorrência foram Glomeraceae, Acaulosporaceae, Claroideoglomeraceae, Gigasporaceae e Paraglomeraceae. As espécies *Acaulospora scrobiculata*, *Claroideoglossum etunicatum*, *Claroideoglossum claroideum* e *Glomus macrocarpum* foram predominantes. No geral, a adubação nitrogenada orgânica influenciou positivamente a colonização micorrízica e a esporulação de FMA nativos na rizosfera de laranjeira 'Pera' enxertada em limoeiro 'Cravo'.

**Termos para indexação:** *Citrus* sp., *Gliricidia sepium*, Tabuleiros Costeiros, associação micorrízica, micorriza.

## Natural mycorrhizal colonization of 'Pera' sweet orange at different sources of organic fertilization

**Abstract** – Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are common rhizosphere organisms that are associated with plant roots, improving nutrient absorption and stimulating their growth. Understanding the effect of agroecological practices on mycorrhizal association can help develop more efficient farming techniques on the use of soil resources. The present study aimed to evaluate the occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in orchard of 'Pera' orange grafted onto 'Rangpur' lime, under the influence of four different sources of organic fertilization: *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. biomass; sheep manure; sheep manure + biofertilizer; and castor bean (*Ricinus communis* L.) cake. The experiment was carried out in randomized block design with four replications and three useful plants per replication. Soil and root samples were collected under the canopy projection from a depth of 0-20 cm and AMF root colonization was assessed by the presence of hyphae, vesicles and arbuscules in the fine roots. The spores of AMF were extracted from 50 g of soil. After the extraction, the spores were evaluated under an optic microscope. The colonization by AMF was high in all treatments. The root system of citrus plants fertilized with gliricidia showed greater natural mycorrhizal colonization than the other organic fertilizers. The most frequent families of AMF were Glomeraceae, Acaulosporaceae, Claroideoglomeraceae, Gigasporaceae and Paraglomeraceae. The species *Acaulospora scrobiculata*, *Claroideoglobus etunicatum*, *Claroideoglobus claroideum* and *Glomus macrocarpum* were predominant. In general, the nitrogen organic fertilization positively influenced the mycorrhizal colonization and the sporulation of native AMF from the rhizosphere of 'Pera' orange grafted onto 'Rangpur' lime.

**Index terms:** *Citrus* sp., *Gliricidia sepium*, coastal tablelands, mycorrhizal association, mycorrhiza.

## Introdução

---

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são microrganismos que habitam o solo e formam associações mutualísticas com a maioria das plantas. Sendo simbioses obrigatórios, ocorrem de maneira generalizada e a interação entre FMA e raízes é caracterizada principalmente pela presença de arbúsculos, que são estruturas responsáveis pelas trocas de nutrientes entre os simbioses. Os FMA também formam outras estruturas como vesículas, esporos, células auxiliares e micélio extra-radicular, que atua como complemento da raiz, ampliando a ocupação do solo e a absorção de nutrientes (Siqueira, 1994; Willis et al., 2013; Wang et al., 2022). Na associação micorrízica, o micobionte nutre-se energeticamente pelo fornecimento de fotoassimilados produzidos pela planta hospedeira que, por sua vez, beneficia-se com o aumento do volume de solo explorado, o que a auxilia na absorção de água e nutrientes do solo (Smith; Read, 2008; Chen et al., 2018).

Os FMA apresentam um grande potencial biotecnológico e possuem considerável importância em ecossistemas nativos e áreas agrícolas porque, além de incrementarem a absorção de nutrientes pouco móveis no solo (Marschner; Dell, 1994; Chandrasekaran, 2020; Kalamulla et al., 2022), também aumentam a tolerância das plantas ao estresse hídrico (Folli-Pereira et al., 2012; Tang et al., 2022; Abdalla et al., 2023) e às doenças radiculares (Weng et al., 2022;), melhoram a estrutura do solo e aumentam a diversidade e a produtividade vegetal (Siqueira, 1994; Saggin Junior; Silva, 2005). No entanto, esse potencial da simbose é influenciado por inúmeros fatores, como a espécie e a idade da planta hospedeira, a densidade de raízes e de propágulos de FMA no solo, a quantidade e tipo de adubo aplicado e o manejo adotado (Martinez; Johnson, 2010; Angelini et al., 2012; Mohamed et al., 2023).

Durante a associação micorrízica a interação entre os parceiros torna-se estreita em relação à integração fisiológica e morfológica. De acordo com Vandenkoornhuyse et al. (2003) e Scheublin et al. (2004), as plantas hospedeiras exercem uma pressão de seleção sobre os fungos, indicando ser possível a existência de mecanismos bioquímicos específicos de reconhecimento na simbiose, conferindo certo grau de especificidade entre as partes, criando diversidade na comunidade fúngica. As plantas cítricas, por possuem um sistema radicular do tipo magnoloide, com pelos absorventes pouco

desenvolvidos, mostram-se altamente dependentes das micorrizas para a absorção de fósforo (P) em solos com baixa disponibilidade desse mineral (Baylis, 1970; Nunes, 2004). De fato, esses fungos ocorrem naturalmente nos citros e, de forma generalizada, colonizam as raízes desde a fase de formação de mudas até plantas adultas no campo (Ortas, 2012; Pereira et al., 2023). Outrossim, o aumento da diversidade de FMA na comunidade presente no solo pode aumentar as chances de estabelecimento de uma espécie de fungo mais eficiente para o crescimento das plantas. Dessa forma, torna-se importante conhecer a estrutura da comunidade de FMA de determinado ambiente ou bioma e avaliar a diversidade funcional desses simbioses, visando estabelecer se há relação entre a diversidade de FMA e os benefícios às plantas (Souza et al., 2006; Chen et al., 2018).

Como as micorrizas são sistemas biológicos compartimentalizados, sofrem enorme influência do ambiente e de inúmeros fatores edáficos tais como pH, nível de alumínio (Al) no solo e disponibilidade de P e nitrogênio (N), que influenciam de modo direto ou indireto a formação, o funcionamento e a ocorrência dessa simbiose (Souza et al., 2006; Folli-Pereira et al., 2012; Vieira et al., 2019). As práticas de manejo das culturas têm efeito nas populações de FMA, e se têm observado altas populações nos agrossistemas que englobam, principalmente, cultivo mínimo e rotação de culturas e o uso reduzido de agroquímicos (Jasper et al., 1989). Douds Junior et al. (1993) e Johnson (1993) destacam que adubações com fertilizantes químicos ou orgânicos selecionam determinadas espécies de FMA. Ademais, o teor de N nas plantas pode ser afetado diretamente pelos FMA, por meio da absorção, tanto de fontes orgânicas como inorgânicas, pelas hifas (Ames et al., 1983). As hifas, tanto quanto raízes micorrizadas, são capazes de absorver N, nas diferentes formas e transferi-lo para a planta (Siqueira; Franco, 1988). No entanto, deve-se tomar cuidado com o uso dos nutrientes nitrogenados, pois elevadas quantidades no solo podem inibir a colonização (Nouri et al., 2014; Pan et al., 2020; Xie et al., 2022).

Na citricultura das pequenas e médias propriedades rurais, o emprego da adubação orgânica é importante na manutenção da fertilidade do solo e na produtividade, além de ser economicamente viável, pois o produtor utiliza resíduos orgânicos produzidos na propriedade para a composição dos adubos orgânicos. Sabe-se que a utilização da matéria orgânica em pomares cítricos pode resultar em melhorias nas características químicas, físicas e biológi-

cas do solo (Canali et al., 2009; Abobatta; El-Azazy, 2020). Práticas como a adubação orgânica com esterco ou adubação verde com leguminosas são as opções mais viáveis para manter os níveis de fertilidade em sistemas de produção de citricultura familiar e podem contribuir para o aumento das comunidades de FMA (Srivastava et al., 2002; Calegari, 2023).

Dessa forma, o manejo apropriado desta simbiose pode ser uma alternativa importante para a agricultura de modo geral e em especial para a agricultura orgânica, com a perspectiva de reduzir a utilização de fertilizantes e pesticidas químicos.

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a ocorrência natural de fungos micorrízicos arbusculares em pomar de laranjeira 'Pera' enxertada em limoeiro 'Cravo', sob a influência de diferentes fontes de adubação orgânica.

## Material e Métodos

---

O experimento foi conduzido em pomar comercial de laranjeira 'Pera' [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] com 10 anos de idade, enxertada em limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), em cultivo orgânico e de sequeiro, com adubação e calagem antes do plantio baseadas na análise do solo. O plantio foi no espaçamento de 6 × 4 m (416 plantas.ha<sup>-1</sup>), no Sítio Sucupira (11°26'28,2" S e 38°01'28,5" W), altitude de 191 m, situado em Rio Real, município dos tabuleiros costeiros do litoral norte da Bahia. O clima é do tipo tropical com verão seco (pela classificação de Köppen-Geiger) e com temperatura média anual de 24°C. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura arenosa/média.

O estudo foi conduzido em experimento já instalado, o qual visava comparar o aporte de nitrogênio pela gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.] à laranjeira 'Pera', em comparação com o esterco de ovinos, esterco de ovinos mais biofertilizante aplicado via pulverização foliar e torta de mamona (*Ricinus communis* L). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco tratamentos, quatro repetições e parcela útil composta por três plantas. Os tratamentos foram os seguintes: (1) biomassa de gliricídia cultivada em entrelinhas alternadas do pomar, (2) torta de mamona,

(3) esterco de ovino, (4) esterco de ovino+biofertilizante foliar e (5) 'testemunha', sem adição de cobertura de solo e de adubação nitrogenada.

Nas parcelas com gliricídia, estas foram estabelecidas em duas fileiras de 8 m de comprimento, espaçadas em 1 m, e com 0,80 m entre plantas da mesma linha, perfazendo 20 gliricídias por parcela, ou seja, cinco plantas de gliricídia por laranjeira. As gliricídias foram podadas e as partes tenras aplicadas na projeção da copa da laranjeira. Os ramos mais calibrosos (diâmetro > 0,9 cm) foram aplicados no solo nas entrelinhas da gliricídia.

O biofertilizante foi preparado da seguinte maneira: adição em 100 L de água de 30 kg de esterco bovino fresco, 2 kg de ácido bórico e 8 kg de gliricídia (ramos finos e folhas). A calda passou por fermentação aeróbica por trinta dias antes da aplicação. Foram aplicados 100 mL da calda dissolvidos em 2 L de água nas folhas de cada planta útil. Foram feitas cinco aplicações por ano (Abobatta, 2020; Sant'Anna, 2021).

Com base em Sobral et al. (2007), foram estabelecidas as doses de N (em g por planta) para aplicação no solo rizosférico, na projeção da copa das laranjeiras ou sobre as folhas em cada ano: 350 g (em 2021), 400 g (em 2022) e 350 g (em 2023). Com o fim de definir as quantidades de cada uma das fontes necessárias para atender à dose supracitada, foi determinado, em cada ano, o teor total de N das fontes utilizadas: torta de mamona, esterco de ovino, biofertilizante e biomassa de gliricídia. Na Tabela 1, são mostrados os teores de macronutrientes presentes nas quatro fontes utilizadas, incluindo folhas e galhos tenros da gliricídia.

**Tabela 1.** Teores\* dos macronutrientes nas fontes orgânicas utilizadas no experimento.

Fontes orgânicas	N	P	K	Ca	Mg	S
	g.kg <sup>-1</sup>					
<b>Gliricídia</b>	31,14	1,42	16,23	12,85	4,83	1,96
<b>Esterco de ovinos</b>	16,35	3,84	17,64	19,29	5,32	3,43
<b>Biofertilizante</b>	0,60	0,04	0,53	0,86	0,25	0,02
<b>Torta de mamona</b>	68,60	10,07	11,14	7,50	5,37	3,85

\*Teores na calda diluída (100 mL/2 L).

Em outubro de 2022, amostras de solo foram coletadas nas faixas dos dois lados das plantas para determinação dos atributos químicos, sendo o resultado apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características químicas de um Argissolo Amarelo Eutrófico típico, cultivado com laranjeira 'Pera' sobre o porta-enxerto limoeiro 'Cravo'.

Adubação orgânica <sup>1</sup>	MO	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	Al <sup>3+</sup>	P	K <sup>+</sup>
	g.kg <sup>-1</sup>		mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>			mg.dm <sup>-3</sup>		
TEST	9,3	4,8	8,2	7,2	28,4	1,4	30,1	33,1
GLI	12,7	4,9	12,3	8,9	24,4	0,4	45,1	50,2
OVI	16,4	5,6	17,3	10,9	17,4	0,3	209,9	89,6
OV+BF	14,1	5,6	17,7	11,0	19,1	0,4	179,0	84,9
MAM	13,6	5,0	10,6	8,7	24,3	0,5	93,0	29,7

<sup>1</sup>MO - matéria orgânica; TEST - testemunha sem adubação orgânica; GLI - biomassa de gliricídia; OVI - esterco ovino; OV+BF - esterco ovino + biofertilizante; MAM - torta de mamona.

Para avaliar a intensidade de colonização dos FMA autóctones, subamostras de solo e de raízes foram coletadas, com o auxílio de pá de jardinagem, na camada de 0-20 cm, na região limítrofe da área de projeção da copa das três plantas úteis de cada parcela. As três subamostras foram misturadas e homogeneizadas, perfazendo uma amostra composta por parcela. As amostras, contendo aproximadamente 1 kg de solo rizosférico e raízes secundárias, foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em geladeira à temperatura de aproximadamente 4 °C. Transcorridos três dias, as raízes foram separadas do solo, lavadas e conservadas em álcool etílico diluído a 50% em água destilada. Desse material preservado, foram retiradas amostras de aproximadamente 2 g de raízes finas, que foram submetidas ao processo de clarificação e coloração descrito por Phillips e Hayman (1970) e modificado por Kormanick et al. (1980) e Koske e Gemma (1989). Assim, as raízes foram colocadas em solução de KOH a 2,5% em tubos falcon, mantidos em banho-maria à temperatura de 90 °C, por 30 min. Uma vez clarificadas, a solução de KOH foi descartada e as raízes foram lavadas várias vezes, sendo depois embebidas em solução H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> alcalina (3 mL de NH<sub>4</sub>OH a 20% em 30 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 3%) por 15 min, à temperatura ambiente e, em seguida, acidificadas em solução de HCl a 1%, por 2 h. Para a coloração, as raízes foram imersas em solução de azul de metila 0,05% em glicerol acidificado

(450 mL de água + 500 mL de glicerol + 50 mL de HCl 1% + 0,5 g de azul de metila) e deixadas em repouso por uma noite, em temperatura ambiente. Após a coloração, as raízes foram retiradas da solução corante, lavadas com água e preservadas em solução de ácido láctico + glicerina + água (1:1:1), permanecendo até o momento da avaliação. Para a avaliação da colonização radicular, foram preparadas 10 lâminas microscópicas para cada tratamento, cada lâmina com 10 segmentos de raízes com aproximadamente 1cm de comprimento. Esses fragmentos corados foram dispostos paralelamente nas lâminas com glicerina, cobertos com lamínulas de 24×50 mm e observados em microscópio óptico (200×). A avaliação da colonização foi feita com base na presença de hifas, vesículas e arbúsculos, e a porcentagem de raízes colonizadas foi obtida do número de segmentos colonizados em relação ao total analisado (McGonigle et al., 1990).

A densidade de esporos dos FMA foi avaliada pelo método de decantação e peneiramento úmido (Gerdemann; Nicolson, 1963), associado ao método de flotação centrífuga em solução de sacarose (Jenkins, 1964). Os esporos foram extraídos de alíquotas de 50 g de solo rizosférico, numa profundidade de 0-20 cm, na projeção das copas das plantas. Cada porção desse solo foi colocada em um balde com aproximadamente 2 L de água da torneira, homogeneizada com as mãos, seguida de decantação. A suspensão foi vertida sobre peneiras de 0,5 mm e 0,044 mm e o conteúdo da última peneira foi transferido para tubos de centrifuga com capacidade para 50 mL, adicionando-se água, e levados para centrifugação a 3.000 rpm por três minutos. O sobrenadante foi descartado, sendo adicionada aos tubos a solução de sacarose a 50%, levando-se novamente à centrifuga a 2.000 rpm por dois minutos. Após essa centrifugação, o sobrenadante foi recolhido em peneira de 0,044 mm e lavado abundantemente com água corrente para retirada do excesso de sacarose. Após a extração, a contagem dos esporos foi realizada em câmara de Peters com auxílio de microscópio óptico.

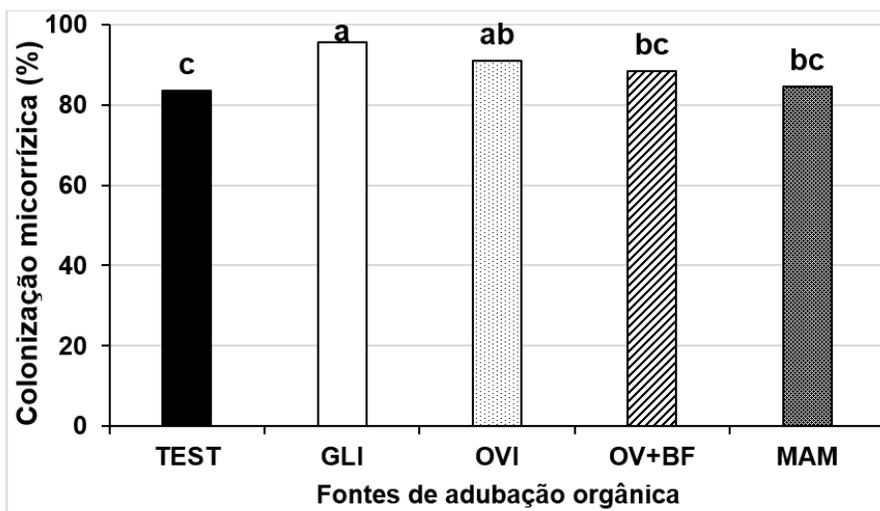
Os esporos de FMA foram separados por morfotipo, de acordo com características microscópicas, como forma, tamanho, cor e acessório hifal. Para identificação taxonômica das espécies, os morfotipos foram analisados com auxílio de chaves especializadas contidas no banco de dados do International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INTERNATIONAL..., 2023).

O número de esporos no solo foi transformado em  $\log(x+1)$  e a porcentagem de colonização micorrízica foi transformada em arco seno  $\sqrt{x}/100$ , visando ajustar os dados de forma a se obter uma distribuição que permitisse a aplicação de testes para comparação de médias. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas através do teste de Tukey, ao nível de 0,05 de probabilidade, utilizando o software estatístico SPSS Statistics, versão 21.0 para Windows (IBM Inc., Chicago, IL, EUA).

## Resultados e Discussão

---

A presença de FMA foi detectada em todos os tratamentos testados, com elevados índices de colonização micorrízica, com médias que variaram entre 83,5 e 95,8% (Figura 1). Alta colonização radicular por FMA nas plantas cítricas no campo ocorre frequentemente em diferentes locais. No Brasil, pomares de citros na Bahia e Sergipe apresentaram colonização micorrízica de 60 a 80% (Weber; Oliveira, 1994) e, no Rio Grande do Sul, superior a 60% (Souza et al., 2002). Em outros países, amostragens em pomares também registraram elevada colonização radicular: 85% em raízes amostradas em Basilicata, na Itália, e até 90% na Flórida, nos Estados Unidos (Schubert et al., 1993; Graham; Eissenstat, 1998).



**Figura 1.** Colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares em laranjeira 'Pera', em função das fontes de adubação orgânica. TEST: testemunha; GLI: biomassa de gliricídia; OVI: esterco ovino; OV+BF: esterco ovino + biofertilizante; MAM: torta de mamona. Os dados são médias de quatro repetições para cada adubo orgânico. Letras iguais indicam não haver diferença significativa de acordo com teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Na Figura 1 pode ser observado que a colonização micorrízica natural da laranjeira 'Pera' foi significativamente beneficiada pela adubação com biomassa de gliricídia ou esterco de ovinos. A torta de mamona e combinação esterco ovino + biofertilizante não diferiram do tratamento sem adubação orgânica. Resultado semelhante foi obtido por Sousa et al. (2018), que verificaram que a incorporação de gliricídia estimulava a colonização das raízes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) pelos FMA no semiárido brasileiro. Diversas pesquisas com outras espécies vegetais corroboram a conjectura de que o consórcio com leguminosas favorece sobremaneira a colonização micorrízica da outra cultura consorciada. Colozzi Filho e Cardoso (2000) observaram que o cultivo intercalar de *Crotalaria breviflora* DC e cafeeiro (*Coffea arabica* L.) aumentou a densidade de esporos de FMA tanto na entrelinha quanto na rizosfera do cafeeiro. Alves et al. (2014) também destacaram a capacidade do cultivo intercalar com gliricídia de promover o estabelecimento de micorriza sem cafeeiro. Balakrishna et al. (2017) verificaram aumento significativo na colonização micorrízica em espécies de gandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.],

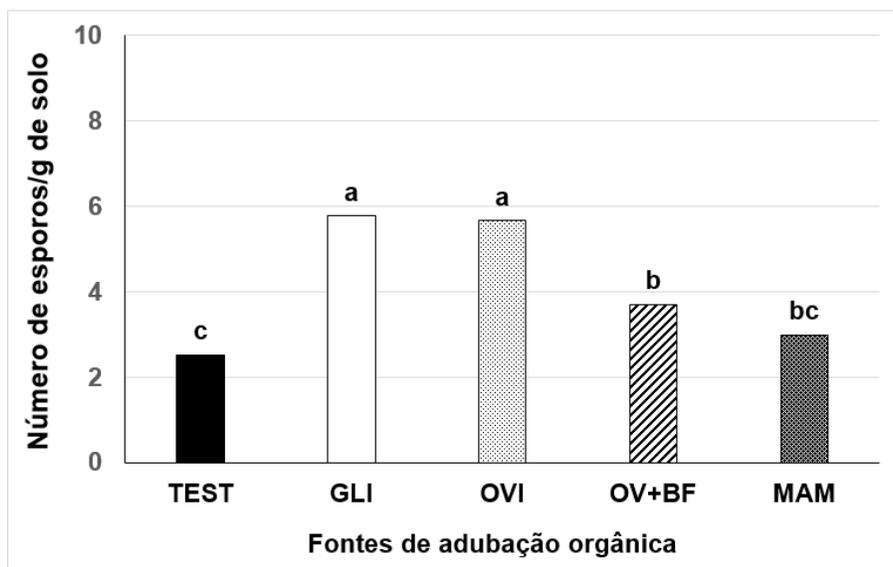
amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e painço (*Panicum milliaceum* L.), quando consorciadas com gliricídia.

No presente estudo, não foi avaliada a colonização micorrízica natural de gliricídia, todavia, diversos estudos confirmam o caráter micotrófico desta leguminosa perene (Habte; Turk, 1991; Osonubi et al., 1991; Bakarr; Janos, 1996; Giri, 2017). Conforme aduzido por Jalonen et al. (2013), essa característica está relacionada à alta dependência das leguminosas ao simbiote fúngico para aquisição do P necessário para fixação biológica de N. Esses autores observaram taxas significativas de colonização micorrízica (principalmente hifas e vesículas) em gliricídia quando cultivada em um sistema agroflorestal na América Central. No trabalho realizado por Kurppa et al. (2010), com mudas de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.) sombreadas com gliricídia, foi observada intensa colonização micorrízica tanto das mudas como das árvores.

Da mesma forma, a adubação com esterco ovino exerceu efeito positivo sobre o grau de colonização das plantas cítricas. Existem várias explicações para o efeito benéfico da fertilização orgânica sobre os FMA. De acordo com Gryndler et al. (2005), substâncias húmicas, como ácidos fúlvicos que resultam da decomposição de fertilizantes orgânicos, adsorvem cátions livres da solução do solo e podem favorecer as funções fisiológicas do micélio fúngico (absorção e transporte). A melhoria na estrutura do solo também contribui para o desenvolvimento de micélios de FMA porque reduz a resistência mecânica ao crescimento de hifas (Jamiolkowska et al., 2018). St. John et al. (1983) comentam que a colonização micorrízica pode ser beneficiada pela presença de esterco no substrato, considerando que a matéria orgânica estimula o crescimento e a ramificação das hifas do fungo devido à formação de um nicho fisiológico mais adequado para o seu crescimento. O esterco tem grande contribuição na diminuição da percentagem de sódio (Na) trocável no solo, em função da liberação de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e ácidos orgânicos no decorrer da decomposição da matéria orgânica, e também atua como fonte de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), resultando em melhorias nas propriedades do solo e no fornecimento de nutrientes às culturas, aumentando o número de esporos de FMA no solo e o grau de colonização micorrízica das plantas (Macedo et al., 2022).

No tratamento com aplicação de torta de mamona, bem como no tratamento com esterco ovino+biofertilizante, o sistema radicular da laranjeira 'Pera' apresentou taxa de colonização média de, respectivamente, 84,5% e 88,5%, praticamente idêntica à micorrização natural dessas plantas no tratamento sem adubação orgânica (83,5%).

Com referência à densidade de esporos no solo, foi detectado efeito significativo da adubação com gliricídia e esterco ovino (Figura 2). O número de esporos/g de solo apresentou, respectivamente, média de 5,78 e 5,66 propágulos, bastante superior à média de 2,52 esporos registrada no tratamento sem adubação orgânica. O efeito benéfico da adubação orgânica aplicada em campo na população de FMA no solo foi também constatado por Baby e Manibhushanrao (1996) em plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) colonizadas com FMA, onde os vários adubos orgânicos utilizados favoreceram, em geral, a multiplicação dos esporos no solo. De acordo com Bagyaraj (1991), as populações de esporos de FMA parecem estar relacionadas ao nível de matéria orgânica do solo, e, em geral, a aplicação de adubos orgânicos melhora o desenvolvimento micorrízico nos solos tropicais. Outros relatos da literatura corroboram essa assertiva de que a matéria orgânica pode estimular o crescimento e a ramificação das hifas do fungo aumentando a quantidade de propágulos capazes de formar novos pontos de colonização, e conseqüentemente, promovendo a ocorrência da simbiose arbuscular (St. John et al., 1983; Berbara et al., 2006; Silva, 2006; Liu et al., 2020; Xiao et al., 2020). A adubação conjugada de esterco de ovinos+biofertilizante registrou valores intermediários para densidade de esporos no solo, não diferindo da adubação com torta de mamona.

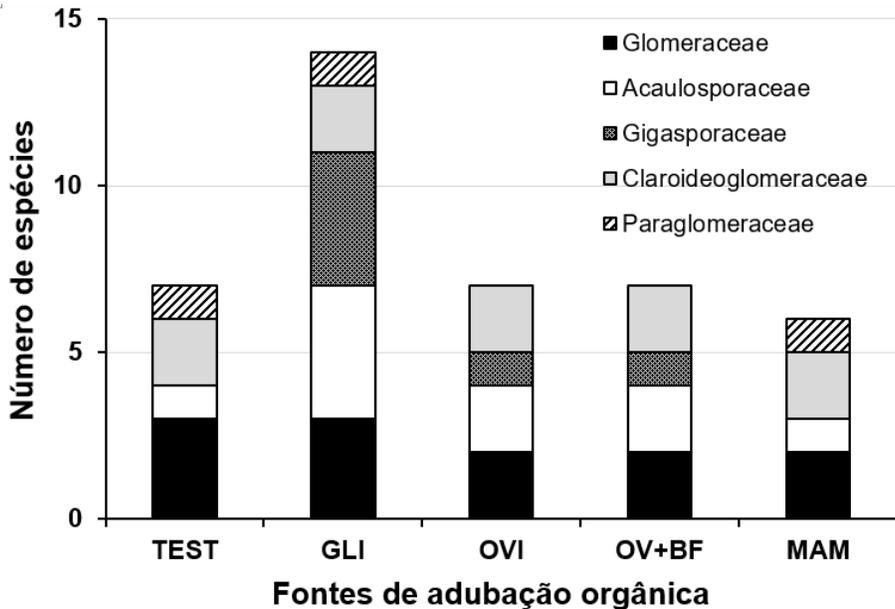


**Figura 2.** Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares no solo cultivado com laranja 'Pera', em função das fontes de adubação orgânica. TEST: testemunha; GLI: biomassa de gliricídia; OVI: esterco ovino; OV+BF: esterco ovino + biofertilizante; MAM: torta de mamona. Os dados são médias de 4 repetições para cada adubo orgânico. Letras iguais indicam não haver diferença significativa, de acordo com teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

A aplicação de torta de mamona resultou em uma densidade de 2,99 esporos/g de solo, a qual não diferiu da de 2,52 esporos/g de solo do tratamento sem adubação orgânica. Semelhantes resultados foram encontrados por Cunha Filha (2011), quando avaliaram os efeitos da aplicação das tortas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e de mamona na forma de adubos orgânicos na cultura do feijão-caupi [(*Vigna unguiculata*) (L) Walp]. Analisando os dados para densidade de esporos de FMA do solo, constatou-se que o aporte das tortas ao solo reduziu significativamente o número de esporos do solo.

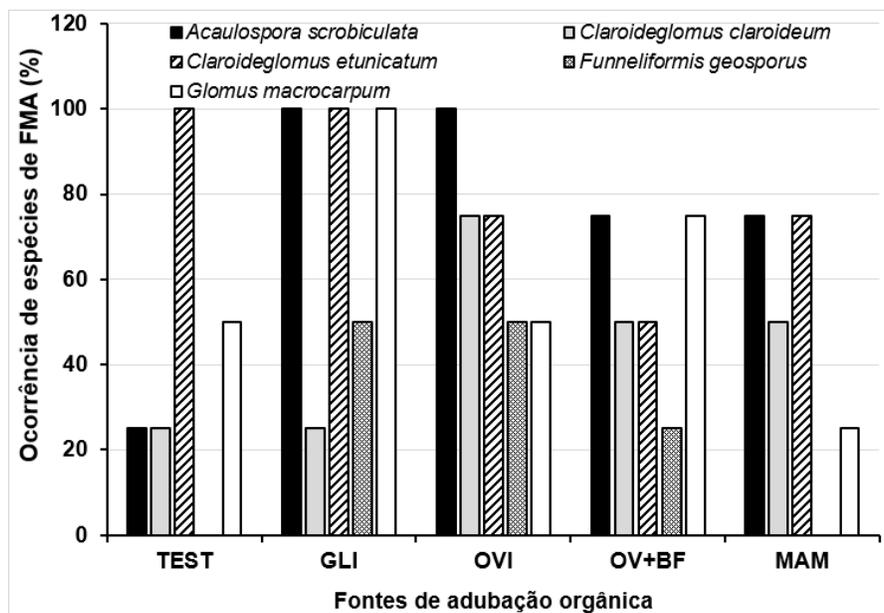
Em relação à ocorrência de espécies de FMA, verificou-se que a composição da comunidade dos micobiontes foi similar para os tratamentos com aplicação de esterco de ovinos, esterco de ovinos+biofertilizante e torta de mamona (Figura 3). Já no tratamento com biomassa de gliricídia, registrou-se a ocorrência de espécies de todas as cinco famílias de FMA detectadas no estudo (Glomeraceae, Acaulosporaceae, Claroideoglomeraceae,

Gigasporaceae e Paraglomeraceae) e número superior de espécies dentro das famílias Acaulosporaceae e Gigasporaceae.



**Figura 3.** Número de espécies de fungos micorrízicos arbusculares por família taxonômica nos diferentes tratamentos. TEST: testemunha; GLI: biomassa de gliricídia; OVI: esterco ovino; OV+BF: esterco ovino + biofertilizante; MAM: torta de mamona.

Em todos os tratamentos avaliados, encontraram-se 15 espécies de FMA autóctones, destacando-se as espécies *Acaulospora scrobiculata*, *Claroideoglossum etunicatum* (antes *Glomus etunicatum*), *Claroideoglossum claroideum* (antes *Glomus claroideum*) e *Glomus macrocarpum*, com ocorrência em todos os tratamentos (Figura 4). Diversos autores afirmam que sistemas produtivos orgânicos apresentam maior diversidade de espécies e colonização radicular (Douds Junior et al., 1993; Focchi et al., 2004; Martinez; Johnson, 2010; Alves et al., 2014).



**Figura 4.** Ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nos diferentes tratamentos. TEST: Testemunha; GLI: biomassa de glicírdia; OVI: esterco ovino; OV+BF: esterco ovino + biofertilizante; MAM: torta de mamona.

Essa distribuição é consistente com os resultados obtidos em outros estudos, como os de Oliveira e Coelho (1995), Souza et al. (2002) e Stürmer e Siqueira (2008). Em levantamento realizado sobre os FMA em pomares de citros nos Estados de Bahia e Sergipe, verificou-se abundância de esporos e colonização em pomares e viveiros, predominando a espécie *Acaulospora scrobiculata* (Oliveira; Coelho, 1995). Souza et al. (2002) também detectaram a presença dos dois gêneros em áreas citrícolas do Rio Grande do Sul. Segundo Carrenho (1998), o gênero *Glomus* apresenta maior capacidade de adaptação aos solos submetidos a práticas de adubação, calagem e cultivo. Espécies do gênero *Acaulospora* são frequentes em solos de baixa fertilidade (Sieverding, 1991), solos ácidos (Gai et al., 2006) e em áreas degradadas (Soka, 2018; Sefrila et al., 2021).

Do ponto de vista ecológico, Abbott e Gazey (1994) sugerem que deve ser uma vantagem para o sistema manter altos níveis de diversidade de FMA

no solo, independente da contribuição individual de cada espécie, pois isto poderia garantir uma máxima chance de que as espécies mais adaptadas dominassem quando as condições de solo fossem modificadas.

## Conclusões

---

Nas condições estudadas, a colonização por FMA autóctones da combinação laranjeira 'Pera' enxertada em limoeiro 'Cravo' é elevada em todos os tratamentos.

O sistema radicular e o solo rizosférico das plantas cítricas adubadas com gliricídia e esterco ovino apresenta maior colonização micorrízica natural e maior produção de esporos de FMA em campo do que as adubadas com esterco ovino + biofertilizante e torta de mamona.

As famílias de FMA de maior ocorrência são Glomeraceae, Acaulosporaceae, Claroideoglomeraceae, Gigasporaceae e Paraglomeraceae.

As espécies *A. scrobiculata*, *C. etunicatum*, *C. claroideum* e *G. macrocarpum* são predominantes, com ocorrência em todos os tratamentos.

## Agradecimentos

---

Agradecimentos são devidos ao assistente de pesquisa Tiago Araújo Muniz, pelo apoio na amostragem de solo e raízes, ao analista Francisco José dos Santos e ao bolsista Flávio Severo da Silva Filho, pela colaboração nos trabalhos de laboratório.

## Referências

---

ABDALLA, M.; BITTERLICH, M.; JANSA, J.; PÜSCHEL, D.; AHMED, M. A. The role of arbuscular mycorrhizal symbiosis in improving plant water status under drought. **Journal of Experimental Botany**, v. 74, n. 16, p. 4808-4824, 2023.

ABOBATTA, W. F. Biofertilizers and citrus cultivation. **MOJ Ecology & Environmental Sciences**, v. 5, n. 4, p. 171-176, 2020.

- ABOBATTA, W. F.; EL-AZAZY, A. M. Role of organic and biofertilizers in citrus orchards. **Aswan University Journal of Environmental Studies**, v. 1, n. 1, p. 13-27, 2020.
- ABBOTT, L. K.; GAZEY, C. An ecological view of the formation of VA mycorrhizas. **Plant and Soil**, v. 159, p. 69-78, 1994.
- ALVES, J. M.; MARTINS, R. C.; FREITAS, R. A.; BARRELLA, T. P.; CAMPOS, A. N. R. Efeito da adubação verde com espécies herbáceas e arbóreas na micorrização do cafeeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 11-16, 2014.
- AMES, R. N.; REID, C. P. P.; PORTER, L. K.; CAMBARDELLA, C. Hyphal uptake and transport of nitrogen from two <sup>15</sup>N-labelled sources by *Glomus mosseae*, a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. **New Phytologist**, v. 95, p. 381-396, 1983.
- ANGELINI, G. A. R.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; TORRES, J. L. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Mycorrhizal colonization, spore density and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Cerrado soil under no-till and conventional tillage systems. **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 115-130, 2012.
- BABY, U. I.; MANIBHUSHANRAO, K. Influence of organic amendments on arbuscular mycorrhizal fungi in relation to rice sheath blight disease. **Mycorrhiza**, v. 6, p. 201-206, 1996.
- BAGYARAJ, D. J. Ecology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: ARORA, D. K.; RAI, B.; MUKERJI, K. G.; KNUDSEN, G. R. (ed.). **Handbook of applied micology: soil and plant**. New York. Marcel Dekker. v. 1, p. 4-34, 1991.
- BAKARR, M. I.; JANOS, D. P. Mycorrhizal associations of tropical legume trees in Sierra Leone, West Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 89, p. 89-92, 1996.
- BALAKRISHNA, A. N.; LAKSHMIPATHY, R.; BAGYARAJ, D. J.; ASHWIN, R. Influence of alley cropping system on AM fungi, microbial biomass C and yield of finger millet, peanut and pigeon pea. **Agroforestry Systems**, v. 91, p. 487-493, 2017.
- BAYLIS, G. T. S. Root hairs and phycomycetous mycorrhizas in phosphorus deficient soil. **Plant and Soil**, v. 33, p. 713-716, 1970.
- BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 53-88.
- CALEGARI, A. Benefícios do uso de adubos verdes como garantia de sustentabilidade e aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; WUTKE,

E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2023. cap. 1. p. 15-30.

CANALI, S.; BARTOLOMEO, D.; TRINCHERA, A.; NISINI, L.; TITARELLI, F.; INTRIGLIOLO, F.; ROCCUZZO, G.; CALABRETTA, M. L. Effect of different management strategies on soil quality of citrus orchards in Southern Italy. **Soil Use and Management**, v. 25, p. 34–42, 2009.

CARRENHO, R. **Influência de diferentes espécies de plantas hospedeiras e fatores edáficos no desenvolvimento de fungos micorrízicosarbusculares (FMA)**. 1998. 226 f. Tese (Doutorado em Biologia) - Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, SP.

CHANDRASEKARAN, M. A meta-analytical approach on arbuscular mycorrhizal fungi inoculation efficiency on plant growth and nutrient uptake. **Agriculture**, v. 10, 370, 2020.

CHEN, M.; ARATO, M.; BORGHI, L.; NOURI, E.; REINHARDT, D. Beneficial services of arbuscular mycorrhizal fungi: from ecology to application. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1-14, 2018.

COLOZZI FILHO, A.; CARDOSO, E. J. B. N. Detecção de fungos micorrízicosarbusculares em raízes de cafeeiro e de crotalária cultivada na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 2033-2042, 2000.

CUNHA FILHA, L. S. **Efeitos da aplicação de tortas de pinhão manso e mamona no crescimento do feijão caupi e nas propriedades químicas e biológicas de um solo degradado de Irauçuba-CE**. 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

DOUDS JUNIOR, D. D.; JANKE, R. R.; PETERS, S. E. VAM fungus spore populations and colonization of roots of maize and soybean under conventional and low-input sustainable agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 43, p. 325-335, 1993.

FOCCHI, S. S.; SOGLIO, F. K.; CARRENHO, R.; SOUZA, P. V. D.; LOVATO, P. E. Fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de citros sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 5, p. 469-476, 2004.

FOLLI PEREIRA, M. S.; MEIRA HADDAD, L. S.; BAZZOLLI, D. M. S.; KASUYA, M. C. M. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1663-1679, 2012.

GAI, J. P.; FENG, G.; CAI, X. B.; CHRISTIE, P.; LI, X. L. A preliminary survey of the arbuscular mycorrhizal status of grassland plants in southern Tibet. **Mycorrhiza**, v. 16, n. 3, p. 191-196, 2006.

- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species, extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, v. 46, p. 235-244, 1963.
- GIRI, B. Mycorrhizal dependency and growth response of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. under saline condition. **Plant Science Today**, v. 4, n. 4, p. 154-160, 2017.
- GRAHAM, J. H.; EISENSTAT, D. M. Field evidence for carbon cost of citrus mycorrhizas. **New Phytologist**, v. 140, p. 103-110, 1998.
- GRYNDLER, M.; HRSELOVÁ, H.; SUDOVÁ, R.; GRYNDLEROVÁ, H.; ŘEZÁCOVÁ, V.; MERHAUTOVÁ, V. Hyphal growth and mycorrhiza formation by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum* BEG23 is stimulated by humic substances. **Mycorrhiza**, v. 15, p. 483-488, 2005.
- HABTE, M.; TURK, D. Response of two species of *Cassia* and *Gliricidia sepium* to vesicular arbuscular mycorrhizal infection. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 22, p. 1861-1872, 1991.
- INTERNATIONAL CULTURE COLLECTION OF VESICULAR ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI. Disponível em: <http://https://invam.ku.edu>. Acesso em: 30 jun. 2023.
- JALONEN, R.; TIMONEN, S.; SIERRA, J.; NYGREN, P. Arbuscular mycorrhizal symbioses in a cut-and-carry forage production system of legume tree *Gliricidia sepium* and fodder grass *Dichanthium aristatum*. **Agroforestry Systems**, v. 87, p. 319-330, 2013.
- JAMIOLKOWSKA, A.; KSIEZNIAK, A.; GALAZKA, A.; HETMAN, B.; KOPACKI, M.; SKWARYLO-BEDNARZ, B. Impact of abiotic factors on development of the community of arbuscular mycorrhizal fungi in the soil: a Review. **International Agrophysics**, v. 32, p. 133-140, 2018.
- JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 112, p. 93-99, 1989.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, p. 692, 1964.
- JOHNSON, N. C. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizae? **Ecological Application**, v. 3, p. 749-757, 1993.
- KALAMULLA, R.; KARUNARATHNA, S. C.; TIBPROMMA, S.; GALAPPATHTHI, M. C. A.; SUWANNARACH, N.; STEPHENSON, S. L.; ASAD, S.; ZIAD SALMAN SALEM, Z. S.; NEELAMANIE YAPA, N. Arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable agriculture. **Sustainability**, v. 14, e12250, 2022.

KORMANICK, P. P.; BRYAN, W. C.; SCHULTZ, R. C. Procedures and equipment for staining large numbers of plant root samples for endomycorrhizal assay. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 26, p. 536-538, 1980.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A Modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, v. 92, p. 486-488, 1989.

KURPPA, M.; LEBLANC, H. A.; NYGREN, P. Detection of nitrogen transfer from N<sub>2</sub>-fixing shade trees to cacao saplings in <sup>15</sup>N labelled soil: ecological and experimental considerations. **Agroforestry Systems**, v. 80, p. 223–239, 2010.

LIU, J.; ZHANG, J.; LI, D.; XU, C.; XIANG, X. Differential responses of arbuscular mycorrhizal fungal communities to mineral and organic fertilization. **Microbiology Open**, v. 9, n. 1, e920, 2020.

MACEDO, A.; ARAÚJO, G. G. L.; DEON, D. S.; LIMA, R. L. F. A. Agricultura bioassalina, micorrizas arbusculares e carbono do solo no semiárido: 1. Cultivo de palma forrageira adubada com esterco caprino. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, e27711823541, 2022.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, v. 159, n. 89-102, 1994.

MARTINEZ, T. N.; JOHNSON, N. C. Agricultural management influences propagule densities and functioning of arbuscular mycorrhizas in low-and high-input agroecosystems in arid environments. **Applied Soil Ecology**, v. 46, p. 300-306, 2010.

McGONIGLE, T. P.; MILLER, M. H.; EVANS, D. G.; FAIRCHILD, G. L.; SWAN, J. A. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 115, p. 495-501, 1990.

MOHAMED, O. Z.; SAID, E. K.; MILOUD, S.; ABDELLATIF, H.; HASSAN, A.; RACHID, B. Effect of agricultural management practices on diversity, abundance, and infectivity of arbuscular mycorrhizal fungi: a review. **Symbiosis**, v. 90, p. 1-12, 2023.

NOURI, E.; BREUILLIN-SESSOMS, F.; FELLER, U.; REINHARDT, D. Phosphorus and nitrogen regulate arbuscular mycorrhizal symbiosis in *Petunia hybrida*. **PLoSOne**, v. 9, v. 3, e90841, 2014.

NUNES, M. S. **Fungos micorrízicos arbusculares em porta-enxertos de citros**. 2004.79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

OLIVEIRA, A. A. R.; COELHO, Y. S. Infecção micorrízica em pomares de citros no Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 17, n. 3, p. 77-84, 1995.

ORTAS, I. Mycorrhiza in citrus: growth and nutrition. In: SRIVASTAVA, A. K. **Advances in citrus nutrition**. Amsterdam: Springer, 2012. p. 333-351.

OSONUBI, O.; MULONGOY, K.; AWOTOYE, O.O.; ATAYESE, M.O.; OKALI, D.U.U. Effects of ectomycorrhizal and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of four leguminous woody seedlings. **Plant and Soil**, v. 136, p. 131-143, 1991.

PAN, S.; WANG, Y.; QIU, Y. P.; CHEN, D.; ZHANG, L.; YE, C. L.; GUO, H.; ZHU, W. X.; CHEN, A. Q.; XU, G. H.; ZHANG, Y.; BAI, Y. F.; HU, S. J. Nitrogen-induced acidification, not N-nutrient, dominates suppressive N effects on arbuscular mycorrhizal fungi. **Global Change Biology**, v. 26, n. 11, p. 6568-6580, 2020.

PEREIRA, P. S. R.; SOUZA, P. V. D.; STÜRMER, S. L.; JARDIM, V. R.; GONZATTO, M. P. Colonización natural con micorrizas arbusculares en huertos de mandarina 'Oneco' injertados en seis patrones. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 16, n. 46, p. 2010-2028, 2023.

PHILLIPS, J. M.; 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. 158-162, 1970.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Micorriza arbuscular: papel, funcionamento e aplicação da simbiose. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. cap. 5. p.101-149.

SANT'ANNA, B. L. **Efeito do biofertilizante Agrobio na produção de tangerina ponkan (*Citrus reticulata* Blanco) em pomar Sat no município de Piraúba-MG**. 2021. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SCHEUBLIN, T. R.; RIDGWAY, K. P.; YOUNG, J. P. W.; HEIJDEN, M. G. A. van der. Nonlegumes, legumes, and root nodules harbor different arbuscular mycorrhizal fungal communities. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70, p. 6240-6246, 2004.

SCHUBERT, A.; AIASSA, A.; PALAZZO, D.; VANADIA, S. Occurrence of mycorrhiza in citrus orchards in the metaponto area of Basilicata (Italy). **Acta Horticulturae**, v. 324, p. 61-66, 1993.

SEFRILA, M.; GHULAMAHDY, M.; PURWONO; MELATI, M.; MANSUR, I. Diversity and abundance of arbuscular fungi mycorrhizal (AMF) in rhizosphere *Zea mays* in tidal swamp. **Biodiversitas**, v. 22, n. 11, p. 5071-5076, 2021.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Germany, 1991. 371 p.

- SILVA, F. S. B. **Fase assimiótica, produção, infectividade e efetividade de fungos micorrízicos arbusculares em substratos orgânicos**. 2006. 297 f. Tese (Doutorado em Biologia de Fungos) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: **Microorganismos de importância agrícola**. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPAP, 1994. p. 151-194.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotechnology do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília, DF: MEC/ABEAS; Lavras: ESAL; Faepe, 1988. p. 125-178.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3. ed. London: Academic Press, 2008. 803 p.
- SOBRAL, L. F.; VIÉGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L.; BARRETO, M. C. V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. v. 1. 251 p.
- SOKA, G. E. Filling the gaps: arbuscular mycorrhizal fungi biodiversity in the tropical ecosystems. **Modern Concepts & Developments in Agronomy**, v. 1, n. 3, p. 1-3, 2018.
- SOUSA, C. S.; MENEZES, R. S. C.; LIMA, F. S.; SAMPAIO, E. V. S.; GARRIDO, M. S.; PRIMO, D. C. Fungos micorrízicos arbusculares nativos da região semiárida na absorção de nitrogênio (15N) proveniente de adubos orgânicos. **Cadernos de Agroecologia**. v. 13 n. 1, 2018.
- SOUZA, P. V. D.; SCHMITZ, J. A. K.; FREITAS, R. S.; CAMIEL, E.; CARRENHO, R. Identificação e quantificação de fungos micorrízicos arbusculares autóctones em municípios produtores de citros no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 553-558, 2002.
- SOUZA, V. C.; SILVA, R. A.; CARDOSO, G. D.; BARRETO, A. F. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 612-618, 2006.
- SRIVASTAVA, A. K.; SINGH, S.; MARATHE, R. A. Organic citrus: soil fertility and plant nutrition. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 19, n. 3, p. 5-29, 2002.
- ST. JOHN, T. V.; COLEMAN, D. C.; REID, C. P. P. Association of vesicular-arbuscular mycorrhizal hyphae with soil organic particles. **Ecology**, v. 64, p. 957-959, 1983.
- STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazilian Ecosystems. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (ed.). **Soil biodiversity in amazonian and other brazilian ecosystems**. Wallingford: CAB International, 2008. p. 537-583.

TANG, H.; HASSAN, M. U.; FENG, L.; NAWAZ, M.; SHAH, A. N.; QARI, S. H.; LIU, Y.; MIAO, J. The critical role of arbuscular mycorrhizal fungi to improve drought tolerance and nitrogen use efficiency in crops. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 919166, 2022.

VANDENKOORNHUYSE, P.; RIDGWAY, K. P.; WATSON, I. J.; FITTER, A. H.; YOUNG, J. P. W. Co-existing grass species have distinctive arbuscular mycorrhizal communities. **Molecular Ecology**, v. 12, p. 3085-3095, 2003.

VIEIRA, L. C.; SILVA, D. K. A.; MELO, M. A. C.; ESCOBAR, I. E. C.; OEHL, F.; SILVA, G. A. Edaphic factors influence the distribution of arbuscular mycorrhizal fungi along an altitudinal gradient of a tropical mountain. **Microbial Ecology**, v. 78, p. 904–913, 2019.

WANG, F.; ZHANG, L.; ZHOU, J.; RENGEL, Z.; GEORGE, T. S.; FENG, G. Exploring the secrets of hyphosphere of arbuscular mycorrhizal fungi: processes and ecological functions. **Plant Soil**, v. 481, p. 1-22, 2022.

WEBER, O. B.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em citros nos Estados da Bahia e Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 1905-1914, 1994.

WENG, W.; YAN, J.; ZHOU, M.; YAO, X.; GAO, A.; MA, G.; CHENG, J.; RUAN, J. Roles of arbuscular mycorrhizal fungi as a biocontrol agent in the control of plant diseases. **Microorganisms**, v. 10, e1266, p. 1-16, 2022.

WILLIS, A.; RODRIGUES, B. F.; HARRIS, P. J. C. The ecology of arbuscular mycorrhizal fungi. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 32, p. 1-20, 2013.

XIAO, Y.; ZHAO, Z.; CHEN, L.; LI, Y. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic manure have synergistic effects on *Trifolium repens* in Cd-contaminated sterilized soil but not in natural soil. **Applied Soil Ecology**, v. 149, e103485, 2020.

XIE, K.; REN, Y.; CHEN, A.; CONGFAN, Y.; ZHENG, Q.; CHEN, J.; WANG, D.; LI, Y.; HU, S.; XU, G. Plant nitrogen nutrition: the roles of arbuscular mycorrhizal fungi. **Journal of Plant Physiology**, v. 269, e153591, 2022.



---

*Tabuleiros Costeiros*

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA  
E PECUÁRIA

