

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS DE CURITIBANOS  
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, BIODIVERSIDADE E FLORESTAS  
CURSO DE AGRONOMIA

Lídia Klestadt Laurindo

**Comunidade micorrízica em espécies arbóreas nativas aplicadas na recuperação de  
áreas cultivadas por *Pinus taeda* L**

Curitibanos

2022

Lídia Klestadt Laurindo

**Comunidade micorrízica em arbóreas nativas aplicadas na recuperação de áreas  
cultivadas por *Pinus taeda* L**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em  
Agronomia do Centro de Ciências Rurais da  
Universidade Federal de Santa Catarina como requisito  
para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia  
Orientador: Prof. Dr. Tancredo Augusto Feitosa de Souza  
Coorientador: Profa. Dra. Sonia Purin da Cruz

Curitiba

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Laurindo, Lídia Klestadt

Comunidade micorrizica em espécies arbóreas nativas aplicadas na recuperação de áreas cultivadas por *Pinus taeda* L / Lídia Klestadt Laurindo ; orientador, Tancredo Augusto Feitosa de Souza, coorientador, Sonia Purin da Cruz, 2022.

39 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2022.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Ambiente subtropical. 3. Espécies arbóreas ameaçadas de extinção. 4. Glomeromycota. 5. Sistema agroflorestal. I. Souza, Tancredo Augusto Feitosa de. II. Cruz, Sonia Purin da. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. IV. Título.

Lídia Klestadt Laurindo

**Comunidade micorrízica em espécies arbóreas nativas aplicadas na recuperação de áreas cultivadas por *Pinus taeda* L**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Agronomia

Curitiba, 15 de julho de 2022.



Documento assinado digitalmente  
Douglas Adams Weiler  
Data: 20/07/2022 08:53:51-0300  
CPF: 008.111.820-10  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente  
Tancredo Augusto Feitosa de Souza  
Data: 18/07/2022 11:05:12-0300  
CPF: 061.287.284-05  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

Prof. Dr. Tancredo Augusto Feitosa de Souza  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Assinado por : Helena Maria de Oliveira Freitas  
Num. de Identificação: 05823127  
Data: 2022.07.19 08:28:53 +0100

---

Profa. Dra. Helena Freitas  
Membro da banca examinadora  
Universidade de Coimbra

Assinado por: TIAGO MANUEL FERREIRA NATAL DA LUZ  
Num. de Identificação: 11051993  
Data: 2022.07.18 23:11:37+01'00'

---

Prof. Dr. Tiago Natal da Luz  
Membro da banca examinadora  
Universidade de Coimbra

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais, Tarcizio Laurindo e Onêmia Klestadt Laurindo, ao meu irmão, família e aos meus colegas.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus e ao Universo, pela graça da vida e pelo caminho desenhado, me possibilitando chegar até aqui.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao CNPq, pela estrutura e financiamento fornecidos para a execução do projeto.

Aos meus pais, Tarcizio Laurindo e Onêmia Klestadt Laurindo, por sempre me incentivarem nos estudos, me apoiarem de todas as maneiras e acreditarem no meu progresso. Passar por esse caminho foi sempre pensando em orgulhá-los.

Ao meu irmão, Eduardo Klestadt Laurindo, pelo companheirismo, amizade e motivo de alegria aos meus dias, desde o momento de seu nascimento.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Tancredo Augusto Feitosa de Souza, que me acolheu como filha e acreditou no meu potencial, agradeço por me apresentar ao mundo das micorrizas, pelo apoio, confiança e ensinamentos.

À minha coorientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sonia Purin da Cruz que, na reta final da graduação, me acolheu e me possibilitou elevar meus conhecimentos, me auxiliando neste momento de incertezas.

Ao grupo Gebios, por fazer parte desta caminhada e me auxiliarem diversas vezes na execução deste trabalho: Lucas, Gislaine e outros que auxiliaram de alguma forma o grupo.

Aos meus amigos, Anna Lídia, Fernanda, Joana, Luciane e Maria Tereza por acreditarem no meu potencial, me apoiarem em todas as conquistas, estarem presentes em todas as etapas da minha evolução e me fazerem entender o sentido da amizade.

Ao meu amigo, Carlos, que me apresentou ao curso e ao campus, agradeço por fazer desta passagem um momento leve, pelos momentos de amparo, de alegria, de fidelidade e de descontração.

À minha companheira de vida e amiga, Nayrane, por auxiliar no meu crescimento pessoal, pela paciência, pelos conselhos e incentivo, por me ouvir e por possibilitar dias mais leves e alegres.

Aos meus amigos, Alana, Iury, Werner, Maryelza, Nicole, Hevellyn e Laura, pelo companheirismo e por estarem comigo durante toda a graduação.

Aos professores e técnicos da UFSC, campus de Curitiba, pelos ensinamentos e por contribuírem para meu crescimento profissional, principalmente aqueles que estiveram diretamente ligados aos projetos os quais participei.

“Plantas não têm raízes, elas têm micorrizas” (J. L. HARLEY, 1973)

## RESUMO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são simbioses obrigatórios que desempenham importante papel no desenvolvimento de espécies arbóreas em áreas degradadas. Objetivou-se caracterizar a comunidade de FMAs presentes no solo rizosférico de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil, *Mimosa scabrella* Benth, ecossistema natural e área de regeneração natural presentes em um sistema agroflorestal (SAF) voltado a recuperação de uma área degradada por *Pinus taeda* L, Curitiba, SC, Brasil. Para a caracterização dos FMAs, foram coletadas 60 amostras de solo em esquema bimestral e distribuídas em três parcelas de 500 m<sup>2</sup> localizadas em cada ambiente de estudo. Foram avaliados os índices ecológicos de riqueza, diversidade (Shannon) e dominância (Simpson). Foram observadas diferenças significativas quanto ao índice de Shannon ( $F = 2,98$ ,  $p < 0,05$ ), com os maiores e menores valores para a área de regeneração natural e ecossistema natural, respectivamente. No entanto, não foram observadas diferenças significativas para a riqueza de espécies de FMAs e dominância. *G. gigantea* foi considerada como uma espécie rara e bioindicadora de recuperação dos ambientes de estudos. Concluiu-se que é necessário maior tempo de regeneração para o SAF avaliado apresentar as características ideais para a comunidade micorrízica, porém, a presença da espécie *M. scabrella* se mostrou importante como promotora da diversidade de FMAs.

**Palavras-chave:** Ambiente subtropical. Espécies arbóreas ameaçadas de extinção. Glomeromycota. Sistema agroflorestal.



## ABSTRACT

The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are obligate symbionts that play important role on tree development in to degraded areas. Our aim was to characterize the AMF community in rizospheric soil from *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil, and *Mimosa scabrella* Benth, natural ecosystem, and natural regeneration area from an agroforestry system (AF) to recover an area degraded by *Pinus taeda* L, Curitibanos, SC, Brazil. For AMF characterization, we collected 60 soil samples using a bimestral schedule with samples distributed in three plots of 500 m<sup>2</sup> located inside each studied environment. We evaluated the following ecological indexes: richness, diversity (Shannon), and dominance (Simpson). We found significant differences on Shannon's index ( $F = 2.98$ ,  $p < 0.05$ ), with the higher and lower values for the natural regeneration area and natural ecosystem, respectively. However, we did not find any significant difference richness and dominance. *G. gigantea* was considered as a rare AMF species and as a bioindicator of recovery of the studied environments. We concluded that a longer regeneration time is necessary for the agroforestry system presents an ideal mycorrhizal community. However, the presence of the tree species *M. scabrella* proved to be important for the AMF diversity.

**Keywords:** Agroforestry system. Endangered tree species. Glomeromycota. Subtropical environment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Filo Glomeromycota, principais ordens e número total de famílias, gêneros e espécies de fungos micorrízicos arbusculares.....	15
Figura 2 – Representação das espécies de a) <i>Araucaria angustifolia</i> ; b) <i>Ilex paraguariensis</i> e c) <i>Mimosa scabrella</i> .....	16
Figura 3 – Caracterização dos ambientes de estudo e esquema experimental das coletas realizadas nos cinco ambientes distintos de um ecossistema subtropical, Curitiba, Brasil...22	
Figura 4 – Exemplificação de diferentes morfotipos encontrados nos ambientes de estudo....	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química do solo e atividade microbiana de um sistema agroflorestal, ecossistema natural e área em regeneração natural (N = 18) .....	23
Tabela 2 – Esporos de fungos micorrízicos arbusculares (esporos g solo <sup>-1</sup> ) e índices ecológicos (riqueza, diversidade e dominância) observados na zona radicular de <i>A. angustifolia</i> , <i>I. paraguariensis</i> , <i>M. scrabella</i> , ecossistema natural (E.N.) e área em regeneração natural (R.N.) localizados na região do planalto catarinense.....	25

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>14</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DOS FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.....	15
2.2	BIOMA MATA ATLÂNTICA E A DIVERSIDADE MICORRÍZICA .....	16
2.3	EFEITO DE ESPÉCIES DO GÊNERO <i>PINUS</i> SOBRE A DIVERSIDADE DE MICORRIZAS.....	18
2.4	SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DIVERSIDADE DE MICORRIZAS .....	18
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDO .....	20
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....	20
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	21
3.4	EXTRAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS ESPOROS DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.....	23
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>31</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O solo possui uma variedade de organismos que fornecem o ambiente necessário para o desenvolvimento vegetal (KITAMURA *et al.*, 2020). Neste contexto, o solo deve ser considerado como um ecossistema capaz de fornecer serviços ecossistêmicos, o que permite a sua regulação interna e fluxo de energia (EVANS *et al.*, 2019). Neste cenário, a participação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) é fundamental, pois estes atuam como promotores de resistência e desenvolvimento vegetal em áreas degradadas (IMPASTATO; CARRINGTON, 2020; NOVAIS *et al.*, 2020; PAYMANEH *et al.*, 2019).

Perturbações no solo promovidas por espécies exóticas podem acelerar a sua degradação através da redução da diversidade de plantas e de FMAs. Em ambientes tropicais e subtropicais há redução na diversidade de FMAs, esporulação e colonização radicular em ambientes invadidos na ordem de 68,8, 45,7 e 89,6%, respectivamente em comparação a ecossistemas naturais, o que corrobora com a hipótese sobre a redução da diversidade micorrízica em ambientes invadidos (SOUZA *et al.*, 2016; SOUZA *et al.*, 2019).

Em ecossistemas naturais, a comunidade de FMAs permanece em equilíbrio com a diversidade de plantas nativas, favorecendo a manutenção de micélio, raízes colonizadas, esporos e esporocarpos (MCKENNA *et al.*, 2020) para o extrato regenerante (NOVAIS *et al.*, 2020). Uma maneira de inserir as plantas nativas nos ambientes de cultivo agrícola é através dos sistemas agroflorestais (SAFs). Porém, são poucos estudos envolvendo a caracterização da comunidade de FMAs em áreas de SAFs, principalmente após um período de invasão biológica (BERUDE *et al.*, 2015). Segundo Santos *et al.* (2019), existem evidências que SAFs podem influenciar positivamente a comunidade de FMAs do solo.

Na Floresta de Araucária, no sul do Brasil, as principais arbóreas nativas utilizadas em SAFs são araucária, bracatinga e erva-mate. A araucária, endêmica da Floresta da Araucária, apresenta alta dependência e influência da atividade de FMAs da Ordem Glomerales (MOREIRA *et al.*, 2016). A segunda é uma leguminosa arbórea pioneira com alto potencial para incorporação de nitrogênio no solo (MUKANGANGO *et al.*, 2020) e estímulo da comunidade de FMAs (NOVAIS *et al.*, 2020). Por fim, a erva-mate é uma arbórea com alta dependência de FMAs. Segundo Westphalen *et al.* (2019), ervais nativos apresentam baixos teores de fósforo e as micorrizas auxiliam na absorção desse nutriente.

Dessa forma, este estudo foi baseado nos seguintes questionamentos: Espécies arbóreas nativas cultivadas em SAFs podem promover a comunidade de FMAs em níveis superiores aos observados em ecossistemas naturais e áreas de regeneração natural? Dentre as espécies de arbóreas nativas empregadas no SAFs, quais as com maior potencial de incremento na diversidade e estrutura de comunidade de FMAs no solo? Para responder estes questionamentos foi elaborado um estudo de campo com coleta de solo rizosférico de *A. angustifolia*, *I. paraguariensis*, *M. scabrella*, ecossistema natural e regeneração natural na região do planalto catarinense para caracterização da comunidade de FMAs no solo.

## 1.1 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste TCC.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a composição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas com espécies florestais nativas e exóticas no planalto catarinense.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Identificar, em nível de espécie, as espécies de fungos micorrízicos arbusculares presentes em cinco zonas rizosféricas (*Araucaria angustifolia*, *Illex paraguariensis*, *Mimosa scabrella*, ecossistema natural e área em regeneração).

Avaliar a comunidade micorrízica presente nas cinco zonas rizosféricas avaliadas.

Caracterizar a comunidade micorrízica através de índices ecológicos (riqueza de espécies, diversidade de Shannon e dominância de Simpson).

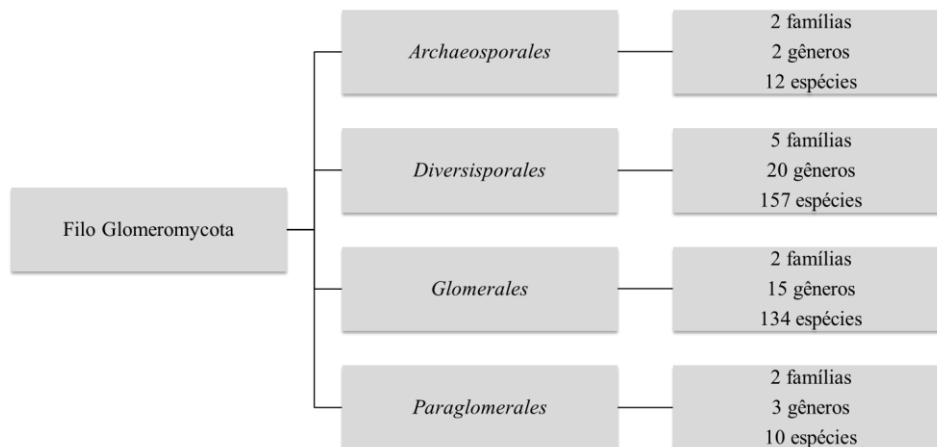
Caracterizar os atributos químicos do solo nos locais de estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Originalmente os fungos micorrízicos arbusculares foram classificados como sendo “endomicorrizas”, ou seja, fungos que apresentavam estruturas (e.g., hifas, vesículas, esporos e arbusculos) colonizando o interior das raízes das plantas independentemente do ecossistema avaliado (e.g., agrícola, florestal, natural e em processo de regeneração natural ou degradação) (ROCHA, 2020). Nesta classificação primordial também havia outros dois grupos, as ecto- e ectendomicorrizas. Atualmente, os fungos micorrízicos arbusculares são classificados dentro do Filo Glomeromycota (SOUZA, 2015), o qual é constituído por quatro ordens, que se subdividem em suas respectivas famílias, gêneros e espécies (Figura 1). Em condições tropicais e subtropicais os esporos deste grupo de fungos germinam no solo com temperaturas variando entre 25 e 30°C (BERUDE *et al.*, 2015). No entanto, Souza (2015) relata que a germinação de esporos de FMAs na fase pré-simbiótica é altamente influenciada pela umidade do solo. As ordens com maior riqueza de espécies encontradas no Sul do Brasil são Diversisporales e Glomerales (CARRILLO-SAUCEDO *et al.*, 2018).

Figura 1 – Filo Glomeromycota, principais ordens e número total de famílias, gêneros e espécies de fungos micorrízicos arbusculares.



Fonte: autora.

Os FMA são considerados microrganismos chave na recuperação de áreas degradadas (ZHANG *et al.*, 2020). As associações simbióticas entre espécies vegetais e FMAs aumentam a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas espécies de plantas, melhorando a

capacidade dessas espécies de competir em um ambiente em processo de revegetação, já que se tratam de ecossistemas onde as deficiências nutricionais representam uma grande limitação ao desenvolvimento das plantas (MEDEIROS; MOREIRA; OLIVEIRA, 2021).

No contexto dos sistemas agroflorestais, a diversidade de FMAs torna-se importante pois estes simbiotes podem promover o estado nutricional das plantas e o desenvolvimento em condições de estresse hídrico (TAVARES, 2020). Além de promover estes efeitos positivos, as micorrizas arbusculares também promovem o aumento da resistência das plantas ao ataque de patógenos, o que torna importante sua presença em áreas de sistemas agroflorestais ou em áreas em processo de recuperação (VILA *et al.*, 2021).

## 2.2 BIOMA MATA ATLÂNTICA E A DIVERSIDADE MICORRÍZICA

Um dos biomas brasileiros mais diversificados em termos de flora e fauna é o da Mata Atlântica (TREVISAN *et al.*, 2020). Dentro desse bioma pode-se encontrar, ao longo das comunidades de plantas, as espécies *Araucaria angustifolia*, *Ilex paraguariensis* e *Mimosa scabrella* (Figura 2 a, b, c), como exemplares de espécies arbóreas nativas de elevado interesse para a conservação da natureza, aspectos econômicos, sociais e culturais (FOCKING *et al.*, 2020).

Figura 2 – Representação das espécies de a) *Araucaria angustifolia*; b) *Ilex paraguariensis* e c) *Mimosa scabrella*.



Fonte: autora.

Inclusive, são bem reportadas na literatura áreas naturais de floresta subtropical brasileira com monodominância de *A. angustifolia* que se estende nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e alguns pontos de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.



Em Santa Catarina, *A. angustifolia* ocorre sobretudo na Floresta Ombrófila Mista (MARCHIORO *et al.*, 2020).

Outra espécie arbórea nativa do Bioma Mata Atlântica é a erva-mate (*Ilex paraguariensis*). Esta espécie é nativa das regiões subtropicais e temperadas da América do Sul, sendo o Brasil o país com maior área de ervais nativos e segundo maior produtor de erva-mate do mundo (PIASSETTA *et al.*, 2021). No entanto, trabalhos desenvolvidos relacionando a diversidade de micorrizas e a produção de erva-mate no Brasil são raros. Os principais gêneros de FMAs presentes no sul catarinense em ervais são *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Glomus* e *Scutellospora*, sendo que o gênero *Acaulospora* pode ser encontrado em praticamente todos os solos subtropicais (TOMAZELLI, 2019).

A associação de FMAs às raízes da erva-mate é importante para que a planta consiga absorver água e nutrientes além da zona de atuação do seu sistema radicular, corrigindo umas das principais limitações dos solos onde são cultivados ervais no Sul do Brasil, que é a baixa disponibilidade de P no solo (VELÁZQUEZET *et al.*, 2020). Como a associação com fungos micorrízicos arbusculares facilita este processo, torna-se interessante que haja abundância destes organismos em ervais. No entanto, não existem estudos desenvolvidos nesta linha ainda no Brasil e na América do Sul.

Por último, menciona-se a bracatinga (*Mimosa scabrella*), espécie florestal da Família Fabaceae que ocorre em todos os Estados do Sul do Brasil e parte dos Estados do Sudeste (RADOMSKI; LACERDA, 2019). Em Santa Catarina, esta espécie arbórea nativa é uma alternativa de renda, principalmente para pequenos produtores, que praticam a agricultura familiar ou sistemas agroflorestais. A bracatinga é uma espécie de planta que possui a capacidade de estabelecer simbiose do tipo tripartite que envolve bactérias fixadoras de nitrogênio (BFNs) e fungos micorrízicos arbusculares (KARVAT, 2018), sendo que o primeiro coloniza as raízes através da formação de nódulos radiculares e o segundo formando hifas intraradiculares, vesículas e arbúsculos. Um dos principais gêneros de FMAs que se associam com as raízes da bracatinga é o gênero *Acaulospora* (KARVAT, 2018). Em um estudo realizado por Lammel *et al.* (2015), foi observado que a família Acaulosporaceae foi predominante colonizando as raízes de *M. scabrella*.

De forma geral a associação com micorrizas aumenta a absorção de P e consequentemente o teor deste nutriente em plantas de *M. scabrella*. Este fato é interessante para a produção de mudas, como também para seu uso em reflorestamentos ou em recuperação

de áreas degradadas (ROCHA, 2016), podendo ser plantada em conjunto com outras árvores, como a araucária (LAMMEL *et al.*, 2015).

### 2.3 EFEITO DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Pinus* SOBRE A DIVERSIDADE DE MICORRIZAS

As micorrizas exercem papel fundamental na manutenção de ecossistemas naturais (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Além disso, sua associação com espécies florestais garante um aumento na produtividade primária líquida, na manutenção da diversidade florística e sustentabilidade ambiental (CHENG *et al.*, 2019). Em ecossistemas naturais subtropicais brasileiros, uma das principais causas de perda da biodiversidade é a invasão biológica causada por espécies do gênero *Pinus* (CAZETTA; ZENNI, 2020). Esta espécie arbórea exótica apresenta, principalmente, associação ectomicorrízica (e.g., *Thelephora terrestres* e *Pisolithus tinctorius*). Mas pode estabelecer associações endomicorrízicas, principalmente na fase de mudas (WAGG *et al.*, 2008).

Ao falar-se dos efeitos negativos da invasão biológica pode-se comparar o número de espécies de FMAs descritos por Zangaro *et al.* (2010) no ecossistema natural (78 espécies de FMAs) com o número de espécies de FMAs descritos por Silva *et al.* (2008) em áreas dominadas por pinus (9 espécies de FMAs). Neste contexto, pode-se relatar que a invasão biológica por pinus reduz a riqueza de FMAs.

Apesar de promover reduções da diversidade da comunidade de FMAs no solo, o pinus consegue estabelecer associações micorrízicas específicas que em troca promovem efeitos positivos como o aumento da produção de biomassa seca da parte aérea e do sistema radicular de regenerantes de pinus. As micorrizas, portanto, promovem o aumento da produção de biomassa das plantas nativas e exóticas, o que torna importante sua presença em áreas naturais visando a manutenção da diversidade florística, como também preocupante no sentido de promover o desenvolvimento de espécies exóticas com hábito invasor (SOUZA *et al.*, 2019).

### 2.4 SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DIVERSIDADE DE MICORRIZAS

Os SAFs constituem-se em um conjunto de técnicas de manejo sustentáveis dos recursos naturais, nos quais utilizam espécies arbóreas nativas em associação com culturas

agrícolas, de maneira simultânea no espaço ou em sequência temporal. Possibilitando interações ecológicas e econômicas significativas (MELLONI *et al.*, 2018). A composição das espécies vegetais presentes nos SAFs variam conforme o zoneamento das culturas que se deseja explorar (SEID; KEBEBEW, 2022). No caso do Sul do Brasil, as espécies arbóreas nativas dominantes em SAFs são a araucária, a bracatinga e a erva-mate (COELHO, 2017). Além de possibilitarem retorno econômico para o produtor, através dos seus subprodutos, também são conhecidas por estimular a esporulação e a atividade de FMAs (colonização radicular) (LAURINDO *et al.*, 2021).

A utilização de SAFs como estratégia de manejo possui diversos benefícios para o ecossistema solo (SUÁREZ *et al.*, 2021). Pois a diversidade de espécies vegetais característica desse sistema de manejo contribui para a diversidade de FMAs. Diversos estudos mostram que os SAFs favorecem a diversidade de FMAs, de maneira direta e indireta, devido por exemplo, a alta esporulação em espécies florestais e alta atividade radicular (MAIA *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2021; MATOS *et al.*, 2022).

A diversidade da comunidade vegetal adotada pelos SAFs impulsiona a característica que os FMAs possuem de interagir com grande parte das espécies vegetais, estabelecendo uma rede de hifas que interliga as raízes de diferentes espécies (PRATES JÚNIOR *et al.*, 2021). Além disso, a diversidade de espécies hospedeiras contribui para a manutenção de propágulos ativos de FMAs no solo, funcionando como um banco de inóculo (ROY *et al.*, 2021). Tornando a colonização micorrízica mais dinâmica e aumentando a possibilidade do estabelecimento das redes de hifas (PAZ *et al.*, 2020).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi realizado na área experimental agroflorestral, do Centro de Ciências Rurais, Departamento de Agricultura, Biodiversidade e Florestas da Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos - SC (27°16'58" S e 50°35'04" W, altitude de 987 m). O clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Tipo Cfb) de acordo com a classificação de Köppen-Geiger. A precipitação e temperatura médias anuais são de 1.676 mm e 15 °C, respectivamente. O solo foi classificado como Cambissolo Húmico alumínico, textura muito argilosa (EMBRAPA, 2011).

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O sistema agroflorestral da UFSC tem 0,80 ha, em uma área onde anteriormente houve invasão de *Pinus taeda* L., o qual foi removido no ano de 2010. A área foi subdividida em parcelas de 500 m<sup>2</sup>, sendo estas enriquecidas gradativamente com espécies de interesse. No ano de 2013, iniciou-se a estruturação do SAF com objetivo de restauração da área. Conforme descrito por Barbosa *et al.* (2017), foram mantidas algumas espécies nativas já presentes na área, a exemplo de espécies florestais como *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (pinheiro-do-paraná), *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga), *Solanum mauritianum* Scop. (fumo bravo), *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. (bugreiro), *Matayba elaeagnoides* Radlk. (camboatá branco), canelas (*Nectandra* spp.) e aroeiras (*Schinus* spp.), entre outras.

Já para enriquecimento florístico da área, foram introduzidas espécies, como: 1) erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.); 2) Frutíferas: pitangueira (*Eugenia uniflora* L.), goiaba serrana (*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret), araçá (*Psidium cattleianum* Sabine), ingá (*Inga* spp.), cerejeira (*Eugenia involucrata* DC.), guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O.Berg); 3) herbáceas anuais de inverno como o azevém (*Lolium multiflorum* Lam) e aveia (*Avena sativa* L.).

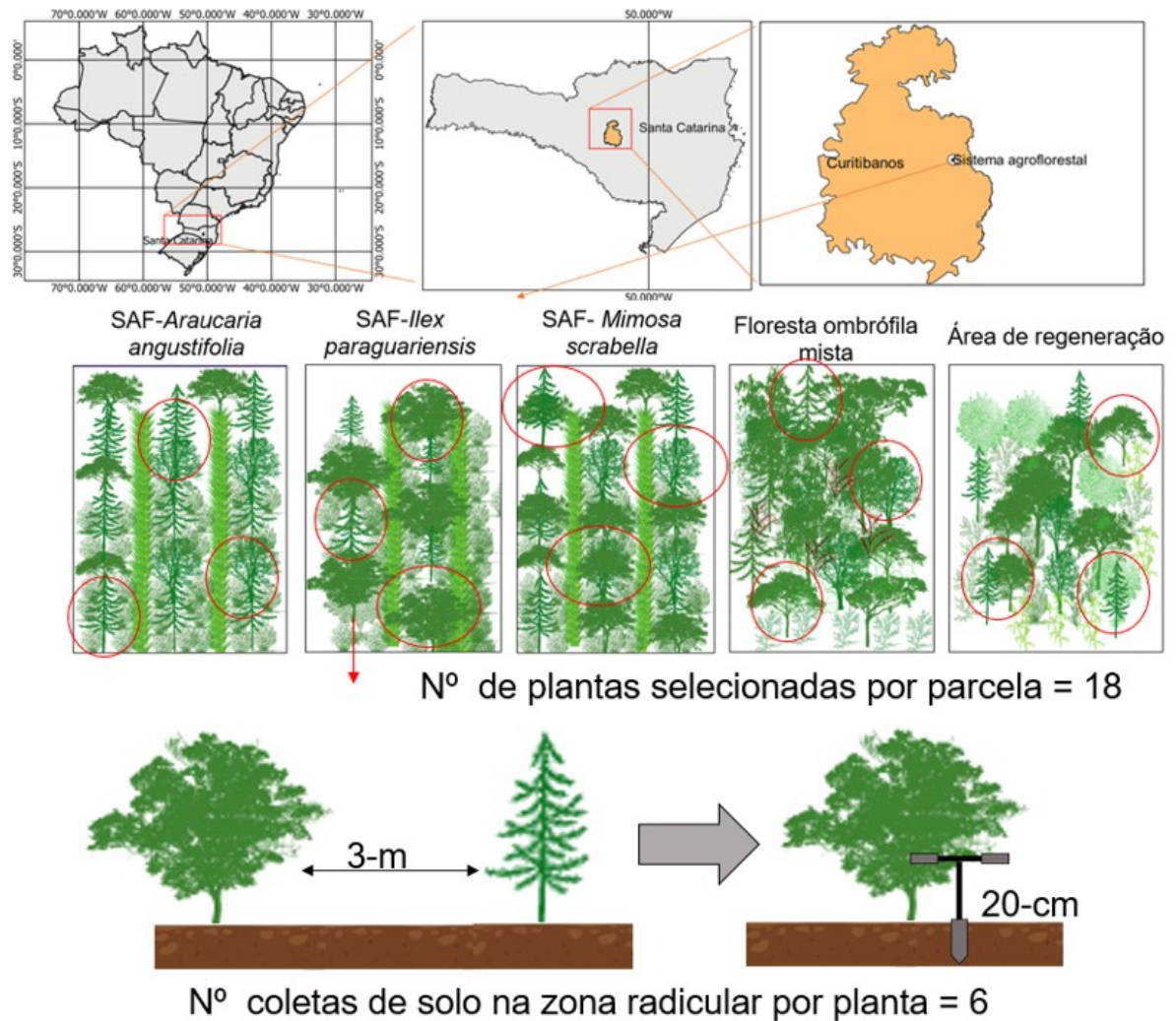
As atividades de manejo empregadas durante a implementação do SAF não envolveram o revolvimento do solo, nem utilização de defensivos agrícolas convencionais ou fertilizantes de alta solubilidade. A correção do solo foi realizada através de calagem (e.g.,

aplicação de calcário dolomítico em superfície), aplicação de cinza, fosfato natural e composto orgânico. O único tratamento fitossanitário realizado foi o controle de formigas com o uso de iscas à base de óleo de Neen (BARBOSA *et al.*, 2017).

### 3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi realizado um experimento em condições de campo seguindo um esquema de amostragem aleatória sistemática simples (SOUZA *et al.*, 2016) com 5 ambientes: 1) SAF - *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, 2) SAF - *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil, 3) SAF - *Mimosa scabrella* Benth, 4) Ecossistema natural – Floresta Ombrófila mista e 5) Área de regeneração natural, anteriormente ocupada por *Pinus taeda* L. Em cada ambiente foram demarcadas três parcelas de 500 m<sup>2</sup>, onde foram selecionadas 18 plantas correspondentes a indivíduos adultos com características semelhantes de altura, diâmetro de altura do peito (DAP), saudáveis e sem indivíduos de outras espécies em um raio de 3 m de distância. Para cada parcela, foram coletadas 6 amostras de solo ao redor de cada planta da zona radicular das arbóreas para extração de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). Foi considerada como a zona radicular, a região localizada abaixo da copa das árvores (i.e., aproximadamente 1,5 m de distância da base de cada espécie, exceto para *I. paraguariensis* onde utilizou-se uma distância de 0,5 m da base) e que apresentaram entre 15,0 e 25,0 g dm<sup>-3</sup> de raízes finas (com diâmetro inferior a 2 mm).

Figura 3 – Caracterização dos ambientes de estudo e esquema experimental das coletas realizadas nos cinco ambientes distintos de um ecossistema subtropical, Curitiba, Brasil.



Fonte: autora.

No total, foram coletadas 60 amostras de solo na camada de 0,0 a 0,10 m e 0,11 a 0,20 m de profundidade distribuídas nas três parcelas de 500 m<sup>2</sup> localizadas em cada ambiente de estudo (SAF - *A. angustifolia*, SAF - *I. paraguariensis*, SAF - *M. scabrella*, ecossistema natural e regeneração natural). No solo foram avaliados (Tabela 1) carbono orgânico total pelo método da oxidação rápida com dicromato de potássio (método Walkley-Black), fósforo disponível (extraído por Mehlich 1 e determinado por espectrofotometria de absorção molecular) (TEIXEIRA *et al.* 2017), o pH em água (1:2,5, v:v), respiração microbiana pelo método da incubação e carbono da biomassa microbiana através do método de fumigação-extração de acordo com Embrapa (2011).

Tabela 1 – Caracterização química do solo e atividade microbiana de um sistema agroflorestal, ecossistema natural e área em regeneração natural (N = 18).

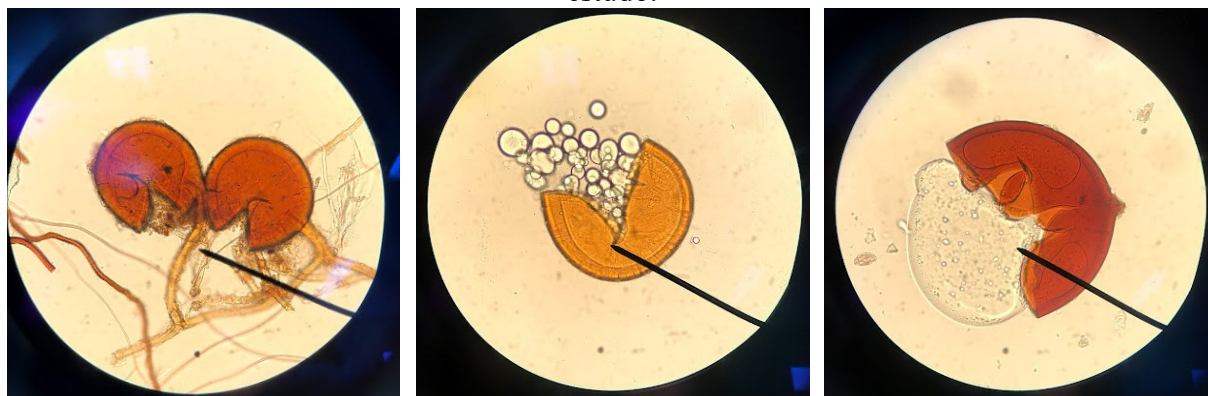
Zona avaliada	pH H <sub>2</sub> O (1:2,5 v:v)	P mg kg <sup>-1</sup>	COT g kg <sup>-1</sup>	C-BM mg kg <sup>-1</sup>	C-RM C-CO <sub>2</sub> mg kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
<b><i>Araucaria angustifolia</i></b>					
0,0 - 0,10 m	5.6	24.3	22.2	5.1	0.22
0,11 – 0,20 m	4.4	4.7	21.9	1.7	0.06
<b><i>Ilex paraguariensis</i></b>					
0,0 - 0,10 m	5.5	25.0	23.5	5.0	0.21
0,11 – 0,20 m	4.6	4.9	22.0	1.7	0.06
<b><i>Mimosa scabrella</i></b>					
0,0 - 0,10 m	5.6	24.5	22.9	5.2	0.25
0,11 – 0,20 m	4.5	4.8	21.9	1.9	0.08
<b>Ecossistema natural</b>					
0,0 - 0,10 m	4.8	6.2	100.2	11.4	0.16
0,11 – 0,20 m	4.6	2.4	98.2	6.3	0.99
<b>Regeneração natural</b>					
0,0 - 0,10 m	4.7	5.8	76.5	8.5	0.19
0,11 – 0,20 m	4.5	2.0	67.8	2.3	0.11

P = fósforo disponível; COT = carbono orgânico total; N = nitrogênio total; C-BM = carbono da biomassa microbiana; e C-RM: Carbono da respiração microbiana.

### 3.4 EXTRAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS ESPOROS DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

A extração e identificação dos esporos de FMAs para caracterização da comunidade micorrízica foi realizada através do método de peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963) seguido de centrifugação com gradiente de sacarose (JENKINS, 1964). Os esporos coletados foram colocados em vidro relógio, separados de acordo com os morfotipos inicialmente (Figura 4) (e.g., Glomóide, Gigasporóide e Acaulosporóide). Em seguida cada morfotipo foi identificado em nível de espécie com auxílio de microscópio estereoscópico, baseados no banco de dados INVAM (<http://invam.caf.wvu.edu>), seguindo recomendações descritas em Souza e Santos (2018). Com base nos resultados da abundância de esporos (esporos 100 g solo<sup>-1</sup>), foram calculados a riqueza de espécies de FMAs, índices de diversidade (SHANNON; WEAVER, 1949) e índice de dominância (SIMPSON, 1949).

Figura 4 – Exemplificação de diferentes morfotipos encontrados nos ambientes de estudo.



Fonte: autora.

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Empregou-se o teste de Shapiro-Wilk para testar a normalidade dos dados. Para a análise de variância foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis para testar se houve diferenças significativas na composição da comunidade de FMAs entre as cinco áreas estudadas. Quando identificadas diferenças, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software livre R (R STUDIO TEAM, 2016).



#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas 12 espécies de FMAs pertencentes a quatro famílias: Acaulosporaceae (1), Claroideoglomeraceae (2), Gigasporaceae (5) e Glomeraceae (4). Em ordem decrescente, na zona radicular de *M. scabrella*, *A. angustifolia*, *I. paraguariensis* ecossistema natural e área em regeneração foram observadas 11, 10, 10, 10 e 9 espécies de FMAs, respectivamente. *Funneliformis mosseae* foi a espécie de FMAs mais abundante em todas os ambientes avaliados, enquanto *Acaulospora tuberculata* e *Glomus coremioides*, foram exclusivas do ecossistema natural e *M. scabrella*, respectivamente. Observou-se diferenças significativas da abundância de esporos de *Gigaspora margarita* ( $X^2 = 11,437$ ,  $p < 0,05$ ) e *A. tuberculata* ( $X^2 = 19,00$ ,  $p < 0,001$ ) entre as áreas de estudo, sendo os maiores valores de abundância destas duas espécies de fungos micorrízicos observados no ecossistema natural [1.67(0,15) e 0.33(0,05), respectivamente] (Tabela 2).

**Tabela 2.** Esporos de fungos micorrízicos arbusculares (esporos g solo<sup>-1</sup>) e índices ecológicos (riqueza, diversidade e dominância) observados na zona radicular de *A. angustifolia*, *I. paraguariensis*, *M. scabrella*, ecossistema natural (E.N.) e área em regeneração natural (R.N.) localizados na região do planalto catarinense.

Espécies de FMA	<i>A. angustifolia</i>	<i>I. paraguariensis</i>	<i>M. scabrella</i>	E.N	R.N
<b>Família Acaulosporaceae</b>					
<i>Acaulospora tuberculata</i>	-	-	-	0,33(0,05) <sup>1</sup> a <sup>2</sup>	-
<b>Família Claroideoglomeraceae</b>					
<i>Claroideoglosum claroideum</i>	5,05(0,43)a	5,05(0,50)a	4,33(0,27)a	2,33(0,32)a	3,33(0,25)a
<i>C. etunicatum</i>	0,05(0,23)a	0,05(0,23)a	0,05(0,05)a	-	0,33(0,57)a
<b>Família Gigasporaceae</b>					
<i>Dentiscutata cerradensis</i>	0,94(0,18)a	0,44(0,06)a	0,72(0,09)a	0,66(0,05)a	2,66(0,20)a
<i>Gigaspora albida</i>	1,44(0,13)a	1,22(0,11)a	1,66(0,16)a	1,66(0,20)a	1,33(0,05)a
<i>G. gigantea</i>	0,83(0,07)a	0,88(0,10)a	0,38(0,06)a	0,66(0,11)a	1,33(0,05)a
<i>G. margarita</i>	0,33(0,08)b	0,11(0,05)b	0,11(0,05)b	1,67(0,15)a	-
<i>Racocetra coralloidea</i>	0,61(0,08)a	0,44(0,07)a	0,55(0,12)a	0,33(0,05)a	0,66(0,11)a
<b>Família Glomeraceae</b>					
<i>F. mosseae</i>	11,66(0,92)a	9,38(0,61)a	10,00(0,61)a	14,33(0,57)a	20,00(0,98)a
<i>Glomus</i> sp.	2,05(0,19)a	1,27(0,09)a	1,22(0,16)a	2,33(0,40)a	4,66(0,64)a
<i>G. coremioides</i>	-	-	0,05(0,02)a	-	-
<i>Rhizophagus clarus</i>	3,16(0,37)a	3,11(0,29)a	2,66(0,26)a	3,00(0,17)a	6,66(0,66)a

Índices ecológicos	<i>A. angustifolia</i>	<i>I. paraguariensis</i>	<i>M. scabrella</i>	E.N	R.N
Riqueza de espécies	8,27(0,21) <sup>1</sup> a <sup>2</sup>	8,00(0,17)a	7,72(0,17)a	8,00(0,10)a	9,33(0,15)a
Diversidade de Shannon (H')	1,67(0,02)b	1,49(0,02)c	1,58(0,02)b	1,26(0,03)d	1,75(0,01)a
Dominância de Simpson (C)	0,74(0,001)a	0,67(0,01)ab	0,73(0,02)a	0,58(0,01)b	0,74(0,001)a

<sup>1</sup>Dados entre parênteses representam o desvio padrão; <sup>2</sup>Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; E.N = Área do ecossistema natural; R.N = Área de regeneração natural.

Os resultados observados neste estudo, envolvendo a composição de FMAs presente na zona radicular de espécies arbóreas nativas em sistema agroflorestal, demonstram que a abundância de esporos, riqueza e dominância de espécies de FMAs observadas nas três espécies arbóreas (*A. angustifolia*, *I. paraguariensis* e *M. scabrella*) foram superiores ao observado no ecossistema natural, corroborando a hipótese de que estas três espécies de plantas nativas estimulam a riqueza de espécies de FMAs em ambientes naturais ou com histórico de degradação. Resultados semelhantes foram observados por Chiomento (2018), ao comparar a estruturação da comunidade micorrízica em solos de espécies nativas e cultivadas. Os resultados observados pelo autor descrevem que a riqueza de espécies de FMAs em solos de espécies nativas pode ser 46% maior, quando comparado com solos de ambientes cultivados.

Em relação à riqueza da comunidade de fungos micorrízicos, não houve diferença significativa entre os ambientes estudados ( $X^2 = 2,14$ ,  $p = 0,70$ ). Quanto à diversidade de Shannon, foi observado que os dados atendiam a uma distribuição normal ( $W = 0,9721$ ,  $p > 0,05$ ) e, portanto, foi realizada análise de variância do tipo “one-way”. Foram observadas diferenças significativas na diversidade de Shannon de FMAs nas zonas radiculares estudadas ( $F = 2,98$ ,  $p < 0,05$ ), sendo a maior diversidade observada na área em regeneração natural [1,75(0,01)] (Fig. 1). Já para o índice de Simpson, observou-se diferenças significativas pelo teste de Kruskal-Wallis ( $X^2 = 10,06$ ,  $p < 0,05$ ) entre os ambientes avaliados. Os maiores valores do índice de dominância foram observados na área em regeneração e na zona radicular de *A. angustifolia* [0,74(0,001), para ambos] (Tabela 2). Maiores valores de diversidade e dominância de FMAs em áreas de regeneração tem sido registrado (VERAS *et al.*, 2018) quando comparados com áreas sem interferência.

Foram observadas diferenças significativas para a diversidade de fungos micorrízicos em relação aos ambientes estudados, sendo que os maiores valores foram vistos na área em

regeneração natural e os menores valores no ecossistema natural. A riqueza de fungos micorrízicos se relaciona com o sistema de preparo de solo e com a planta hospedeira (GOMES; MERCKX; HYNSON, 2018). Sendo que, em habitats subtropicais, a competição nutricional com outros fungos simbioss pode também ser uma influência na composição de fungos micorrízicos.

A comunidade de FMAs pode sofrer alterações devido a forma de manejo empregada em áreas cultivadas. Porém, é comum que a diversidade de Shannon seja maior nesses locais (PONTES, 2017). Isso pode ser explicado pelo fato de que este índice determina os indivíduos de cada espécie e a uniformidade da distribuição, e essa uniformidade é maior em sistemas mais perturbados. Esse fenômeno também é observado nas áreas de regeneração. Além disso, nesses locais, as raízes são mais jovens, possibilitando uma maior micorrização, diferente do que ocorre em ecossistemas naturais, onde as raízes são mais suberizadas, dificultando ou até mesmo impedindo esta interação (WESTPHALEN *et al.*, 2019; SOUZA; FREITAS, 2017). Foram observadas diferenças significativas em relação à dominância de espécies de fungos micorrízicos, isto pode ser o resultado da interação de alguns fatores do ambiente, como características químicas e físicas do solo, assim como as características da planta, tanto fisiológicas como morfológicas e se estas possuem compatibilidade genética com as espécies de fungos micorrízicos (BARBOSA *et al.*, 2021).

Segundo Souza e Santos (2018), o número de espécies de FMAs presentes no solo é determinado pelos seguintes parâmetros: a) diversidade de plantas hospedeiras, b) umidade no solo, e c) idade das plantas. Em áreas com histórico da presença massiva de espécies exóticas como o *Pinus taeda* L deve-se considerar que a exótica forma uma camada de serapilheira densa que funciona como uma barreira física para o extrato regenerante e atividade da biota edáfica (ORTIZ *et al.*, 2021). Em seguida, tem-se redução do processo de ciclagem de nutrientes e redução da atividade radicular. Por fim, em longo prazo nestas condições apenas fungos decompositores de lignina e polifenóis permanecem no ambiente rizosférico (JO; FRIDLEY; FRANK, 2020).

As famílias mais abundantes entre as áreas de estudo foram, respectivamente, Gigasporaceae e Glomeraceae. Estudos desenvolvidos em condições semelhantes relataram a abundância de Gigasporaceae em regiões subtropicais brasileiras com baixa perturbação nos solos (CEOLA *et al.*, 2021) e Glomeraceae em SAFs, devido sua adaptação a diferentes condições (MATOS *et al.*, 2021). A predominância de ambas as famílias pode estar relacionada

à qualidade do ambiente edáfico e favorecimento da esporulação em função do pH do solo e dos teores de P disponível (SOUSA, 2018). Algumas espécies de Glomeraceae possuem esporos de menor tamanho em relação aos outros FMAs, facilitando a dispersão e produzindo uma grande quantidade em um curto período (CORAZON-GUIVIN *et al.*, 2019). Entretanto, a esporulação de Glomeraceae cessa com o crescimento da raiz, já em Gigasporaceae, o processo pode continuar ocorrendo em níveis mais baixos (SOUZA *et al.*, 2022). Stürmer, Oliveira e Morton (2018), em um estudo comparativo entre as famílias Acaulosporaceae, Glomeraceae e Gigasporaceae, determinaram o pH do solo como sendo o principal fator que influencia na dominância destas espécies. Espécies do gênero *Glomus* são favorecidas em pH próximo a 6,0 (ALMEIDA, 2019), o que pode explicar a baixa ocorrência deste gênero neste estudo, ao comparar com os demais gêneros da família Glomeraceae. Já *Gigaspora* predomina em solo com pH entre 5,0 - 6,0 (PAYMANEH *et al.*, 2019), o que explica a predominância deste gênero nas áreas de estudo.

Além disso, *Gigaspora* tende a prevalecer em ambientes naturalmente estressados (SOUSA, 2018), como é o caso das áreas avaliadas, onde anteriormente havia um estágio de degradação impulsionado pela invasão biológica de *Pinus*. Diferente do encontrado neste trabalho, diversos estudos demonstram que Acaulosporaceae é a família de fungos micorrízicos mais comum nas raízes de *A. angustifolia*, *I. paraguariensis* (BERGOTTINI *et al.*, 2017) e *M. scabrella* (LAMMEL *et al.*, 2015). De fato, há uma dificuldade em se estabelecer um padrão de distribuição de fungos micorrízicos e isto pode estar relacionado a fatores bióticos e abióticos como também as diferentes estratégias de sobrevivência desses fungos (RIMINGTON *et al.*, 2019). Entretanto, espécies de *Acaulospora* são encontradas com mais frequência em solos ácidos, onde relataram a presença deste gênero em solos com pH < 4,0 (ALMEIDA, 2019).

Outro fator interessante foi a predominância de *Funneliformis mosseae* em todas as zonas radiculares estudadas, o que pode ser justificada pelo fato de esta espécie de fungo micorrízico possuir alta capacidade de esporulação e ampla distribuição independentemente das espécies de planta hospedeira. Também se trata de uma espécie cosmopolita que se associa a muitas espécies de plantas, além de ser altamente resistente a distúrbios no solo (SOUZA *et al.*, 2018). Esse comportamento em relação a predominância de *F. mosseae* se assemelha aos resultados observados em diferentes estudos avaliando a comunidade micorrízica em áreas de monodominância (MARTINS; RODRIGUES, 2020), em ecossistemas naturais (WANG *et al.*,

2020) e SAFs (LAURINDO *et al.*, 2021), comprovando as características de predominância da espécie de FMAs

A espécie *A. tuberculata* foi exclusiva do ecossistema natural e apresentou uma abundância de esporos significativa para este ambiente. Estudos realizados por Mahdhi *et al.* (2019) e Tuheteru *et al.* (2019), também mostraram abundância para a mesma espécie em diferentes estágios de crescimento da espécie vegetal avaliada, mostrando que a espécie *A. tuberculata* é uma boa competidora, pois manteve a dominância em relação as outras espécies de fungos micorrízicos, mesmo em diferentes fases de crescimento da espécie vegetal. Além disso, a espécie se adapta melhor a ambientes menos estressados, o que também explica a exclusividade da espécie *Glomus coremioides* observada para a zona radicular de *M. scabrella*, mostrando que, mesmo o sistema agroflorestal sendo uma área ainda em recuperação, devido ao plantio de *Pinus* que havia no local no passado, a espécie *M. scabrella* pode ser uma excelente opção para impulsionar a restauração da área. A espécie *Gigaspora margarita* também apresentou uma abundância significativa para o ecossistema natural. Um estudo realizado por Barbosa *et al.* (2019) determinou que a multiplicação de esporos varia com o tempo, entre as diferentes espécies de fungos micorrízicos, sendo que *G. margarita* foi uma das espécies que necessitou de maior tempo de colonização para que houvesse a multiplicação. Isso pode ajudar a explicar a abundância dessa espécie de fungo micorrízico em um ecossistema natural, já que este possui maior tempo de desenvolvimento.

Observaram-se diferentes níveis nos teores de fósforo disponível e carbono orgânico total nas camadas de solo dos ambientes avaliados. Os diferentes teores de fósforo observados são importantes pois interferem na composição da comunidade micorrízica (SILVA *et al.*, 2021). Sendo que, em solos subtropicais, a disponibilidade de fósforo no solo é o principal fator que altera a comunidade de FMAs em SAFs (BELAY *et al.*, 2020). Algumas espécies do gênero *Gigaspora* podem ter sua abundância reduzida em condições de alta disponibilidade de fósforo no solo (ZHANG *et al.*, 2020). Isso pode ser observado para a espécie *G. margarita*, que teve sua abundância significativamente reduzida nas zonas radiculares das espécies do SAFs, em comparação ao ecossistema natural, sendo proporcionalmente relacionado com os níveis de fósforo encontrados nesses locais de estudo. Os maiores níveis de carbono orgânico do solo encontrados nas camadas superiores, nos ambientes avaliados, são uma representação da decomposição de raízes finas e da serapilheira que é depositada acima do solo (SALES, 2019). No ecossistema natural, foram encontradas a menor densidade de raízes finas, gerando uma

redução de diversidade e dominância de FMAs. Ecossistemas naturais são ambientes estáveis e justamente a característica de estabilidade limita o estabelecimento da simbiose micorrízica (SOUZA, 2015).

A estruturação da comunidade micorrízica em função das alterações na composição de espécies vegetais arbóreas está intrinsicamente relacionada com a teoria do feedback-planta-solo (KADOWAKI *et al.*, 2018). As espécies exóticas invasoras possuem a habilidade de fornecer mais energia para os FMAs, em comparação com as espécies vegetais nativas, criando um feedback positivo hospedeiro-FMA (BORDA *et al.* 2022; LAURINDO *et al.* 2021). Apesar de os FMAs influenciarem as espécies de plantas invasoras através da maior atividade radicular, ao longo do tempo, a invasão biológica afeta a estrutura da comunidade micorrízica (ZUBEK *et al.*, 2022).

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a comunidade de FMAs na rizosfera de espécies nativas e exóticas em SAFs, ecossistema natural e regeneração natural foi dissimilar em relação a abundância de esporos, diversidade e dominância. No entanto, não foi observado diferenças em relação a riqueza de espécies de FMAs. A espécie de maior abundância em todos os ambientes estudados foi *F. mosseae*. As diferenças observadas na caracterização dos solos dos ambientes de estudo (pH, P e COT) podem estar relacionados com a composição da comunidade de FMAs. Novos estudos são necessários considerando uma abordagem estatística e as correlações existentes entre os atributos químicos do solo e os índices ecológicos da comunidade de FMAs.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. F. N. **Fungos micorrízicos arbusculares em *Gaylussacia brasiliensis* (Spreng.) Meissner em área de restinga**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2019. 111p.
- BARBOSA, J.; SILVA, K. C. R.; CARDUCCI, C. E.; SANTOS, K. L.; KOHN, L. S.; FUCKS, J. S. Atributos Físico-hídricos de um Cambissolo Húmico Sob Sistema Agroflorestal no Planalto Catarinense. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 1-9, 2017.
- BARBOSA, L. S.; SOUZA, T. A. F.; LUCENA, E. O.; SILVA, L. J. R.; LAURINDO, L. K.; NASCIMENTO, G. S.; SANTOS, D. Arbuscular mycorrhizal fungi diversity and transpiratory rate in long-term field cover crop systems from tropical ecosystem, northeastern Brazil. **Symbiosis**, v. 85, n. 1, p. 207-216, 2021.
- BARBOSA, M. V.; PEDROSO, D. F.; PINTO, F. A.; SANTOS, J. V.; CARNEIRO, M. A. C. Arbuscular mycorrhizal fungi and *Urochloa brizantha*: symbiosis and spore multiplication. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e54530, p. 1-8, 2019.
- BELAY, Z.; NEGASH, M.; KASEVA, V.; KAHILUOTO H. Native forests but not agroforestry systems preserve arbuscular mycorrhizal fungal species richness in southern Ethiopia. **Mycorrhiza**, v. 30, n. 6, p. 749–759, 2020.
- BERGOTTINI, V. M.; HERVÉ, V.; SOSA, D. A.; OTEGUI, M. B.; ZAPATA, P. D.; JUNIER, P. Exploring the diversity of the root-associated microbiome of *Ilex paraguariensis* St. Hil. (Yerba Mate). **Applied Soil Ecology**, v. 109, n. 1, p. 23–31, 2017.
- BERUDE, M. C.; ALMEIDA, D. S.; RIVA, M. M.; CABANÊZ, P. A.; AMARAL, A. A. Micorrizas e sua importância agroecológica. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 132-146, 2015.
- CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Revista Acadêmica**, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.
- CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 1, p. 115-124, 2001.
- CARRILLO-SAUCEDO, S. M.; GAVITO, M. E.; SIDDIQUE, I. Arbuscular mycorrhizal fungal spore communities of a tropical dry forest ecosystem show resilience to land-use change. **Fungal Ecology**, v. 32, n. 1, p. 29-39, 2018.
- CAZETTA, A. L.; ZENNI, R. D. 2020. Pine invasion decreases density and changes native tree communities in woodland Cerrado. **Plant Ecology & Diversity**, v. 13, n. 1, p. 85-91.
- CEOLA, G.; GOSS-SOUZA, D.; ALVES, J.; SILVA, A. A.; STÜRMER, S. L.; BARETTA, D.; SOUSA, J. P.; FLAUBERG-FILHO, O. Biogeographic patterns of arbuscular mycorrhizal



fungal communities along a land-use intensification gradient in the Subtropical Atlantic Forest Biome. **Soil Microbiology**, v. 82, n. 4, p. 942-960, 2021

CHENG, J.; YUE, M.; YANG, H.; CHEN, B.; XIN, G. Do arbuscular mycorrhizal fungi help the native species *Bidens biternata* resist the invasion of *Bidens alba*? **Plant Soil**, v. 444, n. 1-2, p. 443-455, 2019.

CHIOMENTO, J. L. T. **Estruturação, diversidade e uso de comunidades de fungos micorrízicos arbusculares em morangueiro**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Passo Fundo. 2018, 105p.

COELHO, G. C. Ecosystem services in Brazilian's southern agroforestry systems. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 20, n.1, p. 475-492, 2017.

CORAZON-GUIVIN, M. A.; CERNA-MENDOZA, A.; GUERRERO-ABAD, J. C.; VALLEJOS, A.; CARBALLAR-HERNÁNDEZ, T. S.; SILVA, G. A.; OEHL, F. *Nanoglomus plukenetiae*, a new fungus from Peru, and a key to small-spored Glomeraceae species, including three new genera in the “*Dominikia* complex/clades. **Mycological Progress**, v. 18, n. 12, p. 1395-1409, 2019.

EMBRAPA. **Serviço nacional de pesquisa de solos: manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

EVANS, K. S.; MAMO, M.; WINGEYER, A.; SCHACHT, W. H.; ESKRIDGE, K. M.; BRADSHAW, J.; GINTING, D. Soil fauna accelerate dung pat decomposition and nutrient cycling into grassland soil. **Rangeland Ecology & Management**, v. 72, n. 4, p. 667-677, 2019.

FOCKING, G. D.; ZANGALLI, C.; OLIVEIRA, E.; KANIESKI, M. R. 2020. Espécies prioritárias para restauração da Floresta Ombrófila Mista Montana e Altomontana na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 1, p. 911-923.

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, n. 2, p. 235-244, 1963.

GOMES, S. I. F.; MERCKX, V. S. F. T.; HYNSON, N. A. Biological invasions increase the richness of arbuscular mycorrhizal fungi from a Hawaiian subtropical ecosystem. **Biological Invasion**, v. 20, n. 1, p. 2421-2437, 2018.

HASHEM, A.; HUQAIL, A. A.; ALQARAWI, A. A. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Acacia gerrardii* Benth in different habitats of Saudi Arabia. **Pakistan Journal of Botany**, v. 50, n. 3, p. 1211-1217, 2018.

IMPASTATO, C. J.; CARRINGTON, M. E. Effects of plant species and soil history on root morphology, arbuscular mycorrhizal colonization of roots, and biomass in four tallgrass prairie species. **Plant Ecology**, v. 21, n. 1, p. 117-124, 2020.

JENKINS, W. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant disease reporter**, v. 48, n. 9, 1964.

JO, I.; FRIDLEY, J. D.; FRANK, D. A. Rapid leaf litter decomposition of deciduous understory shrubs and lianas mediated by mesofauna. **Plant Ecology**, v. 221, n. 1, p. 63-68, 2020.

KADOWAKI, K.; YAMAMOTO, S.; SATO, H.; TANABE, A. S.; HIDAKA, A.; TOJU, H. Mycorrhizal fungi mediate the direction and strength of plant–soil feedbacks differently between arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal communities. **Communications Biology**, v. 196, n. 1, p. 1-11, 2018.

KARVAT, C. G. **Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth)**. Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, 2018, 74p.

KITAMURA, A. E.; TAVARES, R. L. M.; ALVES, M. C.; DE SOUZA, Z. M.; SIQUEIRA D. S. Soil macrofauna as bioindicator of the recovery of degraded Cerrado soil. **Ciência Rural**, v. 50, n. 8, p. 2-8, 2020.

LAMMEL, D. R.; CRUZ, L. M.; MESCOLOTTI, D.; STÜRMER, S. L.; CARDOSO, E. J. B. N. Woody Mimosa species are nodulated by Burkholderia in Ombrophylous Forest soils and their symbioses are enhanced by arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). *Plant and Soil*, v. 393, n. 1-2, p. 123-135, 2015.

LAURINDO, L. K.; SOUZA, T. A. F.; SILVA, L. J. R.; CASAL, T. B.; PIRES, K. J. C.; KORMANN, S.; SCHMITT, D. E.; SIMINSKI A. Arbuscular mycorrhizal fungal community assembly in agroforestry systems from the Southern Brazil. **Biologia**, v. 76, n. 4, p. 1099 - 1107, 2021.

MAHDHI, M.; TOUNEKTI, T.; ABADA, E.; AL-FAIFI, Z. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with acacia trees in southwestern Saudi Arabia. **Journal of Basic Microbiology**, v. 60, n. 1, p. 322-330, 2019.

MARCHIORO, C. A.; SANTOS, K. L.; SIMINSKI, A. Present and future of the critically endangered *Araucaria angustifolia* due to climate change and habitat loss. **Forestry**, v. 93, n. 3, p. 401-410, 2020

MARTIS, W. F. X.; RODRIGUES, B. F. Identification of dominant arbuscular mycorrhizal fungi in different rice ecosystems. **Agricultural Research**, v. 9, n. 1, p. 46-55, 2020.

MATOS, P. S. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais**. Tese (Doutorado). – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2021, 109p.

MATOS, P. S.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; TARRÉ, R. M.; FRANCO, A. L. C.; ZONTA, E. Short-term modifications of mycorrhizal fungi, glomalin and soil attributes in a tropical agroforestry. **Acta Oecologica**, v. 114, n. 1, p. 1-7, 2022.

MCKENNA, T. P.; CREWS, T. E.; KEMP, L.; SIKES, B. A. Community structure of soil fungi in a novel perennial crop monoculture, annual agriculture, and native prairie reconstruction. **PLoS ONE**, v. 15, n.1, p. 1-15, 2020.

- MEDEIROS, G. S.; MOREIRA, F. W.; OLIVEIRA, L. A. Colonizações radiculares por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em áreas degradadas pela exploração petrolífera no Estado do Amazonas, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 2, p. 27-34, 2021.
- MELO, C. D.; LUNA, S.; KRUGER, C.; WALKER, C.; MENDONÇA, D.; FONSECA, H. M. A. C.; JAIZME-VEGA, M.; MACHADO, A. C. Communities of arbuscular mycorrhizal fungi under *Picconia azorica* in native forests of Azores. **Symbiosis**, v. 74, n. 1, p. 43-54, 2017.
- MELLONI, R.; COSTA, N. R.; MELLONI, E. G. P.; LEMES, M. C. S.; ALVARENGA, M. I. N.; NETO, J. N. Sistemas agroflorestais cafeeiro-arauária e seu efeito na microbiota do solo e seus processos. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 784-795, 2018.
- MOREIRA, M.; ZUCCHI, M. I.; GOMES, J. E.; TSAI, S. M.; ALVES-PEREIRA, A.; CARDOSO, E. J. B. N. *Araucaria angustifolia* aboveground roots presented high arbuscular mycorrhizal fungal colonization and diversity in the Brazilian Atlantic Forest. **Pedosphere**, v. 26, n. 4, p. 561-566, 2016.
- MUKANGANGO, M.; NDUWAMUNGU, J.; NARAMABUYE, F. X.; NYBERG, G.; DAHLIN, A. S. Biomass production and nutrient content of three agroforestry tree species growing on an acid Anthropic Ferralsol under recurrent harvesting at different cutting heights. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 3, p. 857–867, 2020
- NOVAIS, C. B.; SBRANA, C.; JESUS, E. C.; ROUWS, L. F. M.; GIOVANNETTI, M.; AVIO, L.; SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R.; FARIA, S. M. Mycorrhizal networks facilitate the colonization of legume roots by a symbiotic nitrogen-fixing bacterium. **Mycorrhiza**, v. 30, n. 2-3, p. 389-396, 2020.
- OLIVEIRA, L. H. **Fungos micorrízicos arbusculares e aspectos nutricionais de três espécies perenes de um SAF em Manaus-AM**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. 2019, 69p.
- OLIVEIRA, L. H.; MOREIRA, F. W.; PEREIRA, I. S.; NINA, N. C. S.; OLIVEIRA, L. A. Fungos micorrízicos arbusculares de três espécies perenes de um Sistema Agroflorestal em Manaus (AM). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 2, p. 148-157, 2021.
- ORTIZ, D. C.; SOUZA, T. A. F.; PECH, T. M.; BARTZ, M. L. C.; BARETTA, D.; SIMINSKI, A.; NIEMEYER, J. C. Soil ecosystem changes by vegetation on old-field sites over five decades in the Brazilian Atlantic Forest. **Journal of Forestry Research**, v. 33, n. 2, p. 667-677, 2021.
- PAYMANEH, Z.; SARCHESHMEHPOUR, M.; BUKOVSKÁ, P.; JANSÁ, J. Could indigenous arbuscular mycorrhizal communities be used to improve tolerance of pistachio to salinity and/or drought? **Symbiosis**, v. 79, n. 3, p. 269-283, 2019.

PAZ, C.; ÖPIK, M.; BULASCOSCHI, L.; BUENO, C. G.; GALETTI, M. Dispersal of Arbuscular Mycorrhizal Fungi: Evidence and Insights for Ecological Studies. **Microbial Ecology**, v. 81, n. 1, p. 283–292, 2021.

PIASSETTA, R. R.; MIKOS, A. P.; AUER, C. G. Doenças fúngicas da cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no Brasil. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 6, n. 2, p. 153-159, 2021.

PONTES, J. S. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em ecossistemas naturais e agrícolas do Cerrado**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências. 2017, 97p.

PRATES JÚNIOR, P.; MOREIRA, S. L. S.; JORDÃO, T. C.; NGOLO, A. O.; MOREIRA, B. C.; SANTOS, R. H S.; FERNANDES, R. B. A.; KASUYA, M. C. M. Structure of AMF community in an agroforestry system of coffee and macauba palm. **Original Article**, v. 28, n. 3, 2021.

R STUDIO TEAM. 2016. **RStudio**: Integrated Development Environment for R. RStudio, Inc., Boston, MA. URL <http://www.rstudio.com/>

RADOMSKI, M. I.; LACERDA, A. E. B. Sistemas agroflorestais com bracatinga para uso e conservação da floresta com araucária. **Cadernos de Agroecologia**, v. 14, n. 1, p. 1-3, 2019.

RIMINGTON, W. R.; PRESSEL, S.; DUCKETT, J. G.; FIELD, K. J.; BIDARTONDO, M. I. Evolution and networks in ancient and widespread symbioses between Mucoromycota and liverworks. **Mycorrhiza**, v. 29, n. 6, p. 551-565, 2019.

ROCHA, D. A. G. **Fungos micorrízicos arbusculares e biocarvão no crescimento de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e cedro (*Cedrela fissilis*) em solo de áreas de mineração de carvão**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. 2016, 108 p.

ROCHA, G. A. A. **Adubação fosfatada e a incidência de fungos micorrízicos arbusculares em cultivares de morangueiro**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste. 2020, 88p.

ROY, T; MANDAL, U.; MANDAL, D.; YADAV, D. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in soil and water conservation: a potentially unexplored domain. **Current Science**, v. 120, n. 10, p. 1573-1577, 2021.

SALES, M. C. G. **Aporte e decomposição da serapilheira e atributos o solo no contexto socioambiental da Amazônia**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Amazonas. 2019, 95p.

SILVA, D. K. A.; COUTINHO, F. P.; ESCOBAR, I. E. C.; de SOUZA, R. G.; OEHL, F., SILVA, G. A.; CAVALCANTE, U. M. T.; MAIA, L. C. The community of arbuscular mycorrhizal fungi in natural and revegetated coastal áreas (Atlantic Forest) in Northeastern Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, n. 2213-2226, 2015.

SILVA, S. I. A.; SOUZA, T. A. F.; LUCENA, E. O.; SILVA, L. J. R.; LAURINDO, L. K.; NASCIMENTO, G. S.; SANTOS, D. High phosphorus availability promotes the diversity of

- arbuscular mycorrhizal spores' community in different tropical crop systems. **Biologia**, v. 76, n. 11, p. 3211-3220, 2021.
- SANTOS, K. L.; CRUZ, S. P.; NIEMEYER, J. C.; SIMINSKI, A. Sistemas agroflorestais: um elo integrador entre recursos genéticos e serviços ambientais. **Revista RG News**, v. 5 n. 1, p. 5-12, 2019.
- SEID, G.; KEBEBEW, Z. Homegarden and coffee agroforestry systems plant species diversity and composition in Yayu Biosphere Reserve, southwest Ethiopia. **Heliyon**, v. 8, n. 4, p. 1-9, 2022.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana, University of Illinois Press, 1949.
- SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, p. 688, 1949.
- SILVA, L. J. R.; SOUZA, T. A. F.; LAURINDO, L. K.; FREITAS, H.; CAMPOS, M. C. C. Decomposition Rate of Organic Residues and Soil Organisms' Abundance in a Subtropical *Pyrus pyrifolia* Field. **Agronomy**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2022.
- SIX, J.; FREY, S. D.; THIET, R. K.; BATTEN, K. M. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 1, p. 555-569, 2006.
- SOUSA, N. M. F. **Diversidade e distribuição potencial de fungos micorrízicos arbusculares na região semiárida do Brasil**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. 2018, 107p.
- SOUZA, T. A. F. 1. ed. **Micorrizas: Conceitos, classificação e métodos**, 72 p, 2015.
- SOUZA, T. A. F.; FREITAS H. Arbuscular mycorrhizal fungal community assembly in the Brazilian tropical seasonal dry forest. **Ecological Processes**, v. 6, n. 2, p. 1-10, 2017.
- SOUZA, T. A. F.; RODRIGUEZ-ECHEVERRÍA, S.; ANDRADE, L. A.; FREITAS, H. Could Biological invasion by *Cryptostegia madagascariensis* alter the composition of the arbuscular mycorrhizal fungal community in semi-arid Brazil? **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 1, p. 93-101, 2016.
- SOUZA, T. A. F.; RODRIGUEZ-ECHEVERRÍA, S.; FREITAS, H.; ANDRADE, L.A.; SANTOS, D. *Funneliformis mosseae* and Invasion by Exotic Legumes in a Brazilian Tropical Seasonal Dry Forest. **Russian Journal of Ecology**, v. 49, n. 6, p. 500-506, 2018.
- SOUZA, T. A. F.; SANTOS, D. Effects of using different host plants and long-term fertilization systems on population sizes of infective arbuscular mycorrhizal fungi. **Symbiosis**, v. 76, n. 2, p. 139-149, 2018.
- SOUZA, T. A. F.; SANTOS, D.; ANDRADE, L. A.; FREITAS, H. Plant-soil feedback of two legume species in semi-arid Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 50, n. 4, p. 1011-1020, 2019.

- SOUZA, T.; BARROS, I. C.; SILVA, L. J. R.; LAURINDO, L. K.; NASCIMENTO, G. S.; LUCENA, E. O.; MARTINS, M.; SANTOS, V. B. Soil microbiota community assembling in native plant species from Brazil's legal Amazon. **Symbiosis**, v. 86, n. 1, p. 93-109, 2022.
- STÜRMER, S. L.; OLIVEIRA, L. Z.; MORTON, J. B. Gigasporaceae versus Glomeraceae (Phylum Glomeromycota): A biogeographic tale of dominance in maritime sand dunes. **Fungal Ecology**, v. 32, n. 1, p. 49–56, 2018.
- SUÁREZ, L. R.; SALAZAR, J. C. S.; CASANOVES, F.; BIENGDE, M. A. N. Cacao agroforestry systems improve soil fertility: Comparison of soil properties between forest, cacao agroforestry systems, and pasture in the Colombian Amazon. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 314, n. 1, p. 1-15, 2021.
- TAVARES, G. G. **Alterações fisiológicas em plantas de soja submetidas a níveis de déficit hídrico e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal Goiano, 2021, 64p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2017. 573p.
- TOMAZELLI, D. **Resposta de mudas de erva-mate a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, 2019, 76p.
- TREVISAN, C. C.; BATALHA-FILHO, H.; GARDA, A. A.; MENEZES, L.; DIAS, I. R.; SOLÉ, M.; CANEDO, C.; JUNCÁ, F. A.; NAPOLI, M. F. Cryptic diversity and ancient diversification in the northern Atlantic Forest *Pristimantis* (Amphibia, Anura, Craugastoridae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 148, n. 1, p. 1-9, 2020.
- TUHETERU, F. D.; HUSNA.; ALBASRI.; ARIF, A.; WULAN, S. A.; KRAMADIBRATA, K. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with adaptive plants in gold mine tailing. **Biodiversitas**, v. 20, n. 11, p. 3398-3404, 2019.
- VELÁZQUEZ, M. S.; FABISIK, J. C.; ABARCA, C. L.; ALLEGRUCCI, N.; CABELLO, M. Colonization dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in *Ilex paraguariensis* crops: Seasonality and influence of management practices. **Journal of King Saud University – Science**, v. 32, n.1, p. 183-188, 2020.
- VERAS, J. S. N. **Estágios de regeneração da Caatinga e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. 2018, 74p.
- VILA, V. V.; REZENDE, R.; SILVA, L. H. M.; NOCCHI, R. C. F.; ANDREAN, A. F. B.; WENNECK, G. S.; TERASSI, D. S.; PINTRO, P. T. M. Microbiota do solo na tolerância de doenças em plantas: Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, e25910817161, 2021.

- WAGG, C.; PAUTLER, M.; MASSICOTTE, H.; PETERSON, R. L. The co-occurrence of ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal, and dark septate fungi in seedlings of four members of the Pinaceae. **Mycorrhiza**, v. 18, n. 2, p. 103-110, 2008.
- WANG, J.; MA, S.; WANG, G. G.; XU, L.; FU, Z.; SONG, J.; ZHANG, J. Arbuscular mycorrhizal fungi communities associated with wild plants in a coastal ecosystem. **Journal of Forestry Research**, v. 32, n. 2, p. 683-695, 2021.
- WESTPHALEN, D. J.; ANGELO, A. C.; ROSSA, Ü. B.; BOGNOLA, I. A.; MARTINS, C. E. N. Impact of different silvicultural techniques on the productive efficiency of *Ilex paraguariensis* A.St. Hill. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 3, p. 791-798, 2019.
- ZHANG, J.; QUAN, C.; MA, L.; CHU, G.; LIU, Z.; TANG X. Plant community and soil properties drive arbuscular mycorrhizal fungal diversity: a case study in tropical forests. **Soil Ecology Letters**, v. 3, n. 1, p. 52–62, 2020.