

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO
AMBIENTAL

Luciana Aparecida Giacomini

**TRANSPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO
AMBIENTAL: ANÁLISE DE FUNGOS ENDOMICORRÍZICOS NO MUNICÍPIO DE
CABREÚVA, SP.**

Sorocaba

2019

Luciana Aparecida Giacomini

**TRANSPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO
AMBIENTAL: ANÁLISE DE FUNGOS ENDOMICORRÍZICOS NO MUNICÍPIO DE
CABREÚVA, SP.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.

Orientação: Prof. Dr. André Cordeiro Alves dos Santos

Sorocaba

2019

Aparecida Giacomini, Luciana

Transposição de serapilheira em processo de restauração ambiental:
análise de fungos endomicorrízicos no município de Cabreúva, SP. / Luciana
Aparecida Giacomini. -- 2019.
64 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus
Sorocaba, Sorocaba

Orientador: André Cordeiro Alves dos Santos

Banca examinadora: Kelly Cristina Tonello, Rosemeire Bueno

Bibliografia

1. Solo degradado. 2. Matéria orgânica. 3. Glomeromycota. I.
Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano – CRB/8 6979



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Luciana Aparecida Giacomini, realizada em 04/07/2019:

Prof. Dr. Andre Cordeiro Alves dos Santos
UFSCar

Profa. Dra. Kelly Cristina Tonello
UFSCar

Profa. Dra. Rosemeire Bueno
CEUNSP

AGRADECIMENTO

Ao professor Dr. André Cordeiro Alves dos Santos, pela orientação e pelo acolhimento na Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba.

À minha família, pelo carinho e apoio incessante em meu crescimento acadêmico e profissional.

Ao Dr. João Alberto de Souza Ribeiro pelo apoio, paciência e questionamentos pertinentes à pesquisa.

Ao Dr. André Rodrigues do Instituto de Biociências, da UNESP -

Campus de Rio Claro, pela doação do reagente imprescindível a análise dos esporos.

Ao Dr. Sidney Luiz Stürmer, curador da Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota, da FURB, pela atenção e dicas relativas ao preparo das lâminas e identificação dos esporos.

Ao Dr. Fernando Rodrigues da Silva, da UFSCAR pela colaboração na análise estatística e ecológica dos dados coletados.

À Valéria Leite Aranha pelo apoio desde a graduação e pela concessão da realização das análises no Laboratório de Microbiologia do CEUNSP.

À Dra. Maria Helena Rodrigues Scavone, proprietária do sítio do Sol, pelo relevante incentivo à pesquisa e por ceder a área para o estudo, e ao seu funcionário, Guilherme Sório por me acompanhar e ajudar excepcionalmente em campo.

Aos meus alunos, companheiros de campo e de laboratório, Carlos Aparecido de Siqueira Junior, Gustavo Padovani Ré, José Victor Andrade Castedo e Carine Oliveira da Silva.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a finalização de mais essa etapa, muito obrigada.

Se não houver frutos, valeu a beleza das flores; se não houver flores, valeu a sombra das folhas; se não houver folhas, valeu a intenção da semente.

Henfil

RESUMO

GIACOMINI, Luciana Aparecida. Transposição de serapilheira em processo de restauração ambiental: análise de fungos endomicorrízicos no município de Cabreúva, SP. 2019. 64 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2019.

Muitas áreas naturais de elevada diversidade biológica e endemismo, como as de domínio de Mata Atlântica presente no sudeste do estado de São Paulo, vem sendo degradadas para suprir a necessidade do homem em converter estas áreas em plantios agrícolas, criação de gados e outros usos do solo. A técnica de restauração ecológica por meio da transposição da manta florestal para áreas degradadas ou perturbadas possibilita o reestabelecimento dos processos ecológicos e pode contribuir com o aumento da comunidade de microrganismos. Fungos presentes na microbiota do solo são considerados elementos-chave na ciclagem de nutrientes da matéria orgânica depositada no solo. Os fungos micorrízicos arbusculares pertencentes ao filo Glomeromycota se associam as plantas e são considerados biotróficos obrigatórios; ao estabelecer a simbiose contribuem com a disponibilização de nutrientes do solo para as plantas. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da técnica de nucleação de transposição do segundo sub-horizonte orgânico de serapilheira na comunidade de fungos micorrízicos numa área perturbada localizada no município de Cabreúva, SP. Dez parcelas foram delimitadas na unidade experimental, sendo cinco parcelas controle e cinco com tratamento. Duas amostragens foram realizadas, a primeira em outubro de 2017 e a segunda em julho de 2018. Nestas amostragens foram coletadas amostras integradas e individuais das parcelas de solo para análise das características físicas e químicas do solo, da comunidade de fungos micorrízicos e do número de glomerosporos. Registraram-se 27 espécies distribuídas em oito gêneros: *Pacispora* (1 espécie), *Diversispora* (1), *Funneliformis* (1), *Archaeospora* (2), *Scutellospora* (3), *Dentiscutata* (4), *Acaulospora* (5) e *Glomus* (10), pertencentes a seis famílias. Concluiu-se que as condições edáficas da unidade experimental condizem com a presença de fungos micorrízicos arbusculares. A matéria orgânica transposta não promoveu aumento da riqueza de espécies e não facilitou a colonização de espécies vegetais na área, enquanto que a umidade gravimétrica e a gramínea podem ter influenciado na riqueza. A análise multivariada de permutação detectou diferenças na composição das espécies entre as estações e a densidade de glomerosporos diminuiu na estação seca.

Palavras-chave: Solo degradado. Matéria orgânica. Glomeromycota.

ABSTRACT

Many natural areas of high biological diversity and endemism, such as those in the Atlantic Forest domain in the southeastern state of São Paulo, have been degraded to meet man's need to convert these areas into agricultural plantations, livestock breeding and other uses. ground. The ecological restoration technique, through the transposition of the forest blanket to degraded or disturbed areas, allows the reestablishment of the ecological processes and can contribute with the increase of the community of microorganisms. Fungi present in the soil microbiota are considered key elements in the nutrient cycling of organic matter deposited in the soil. The arbuscular mycorrhizal fungi belonging to the phylum Glomeromycota associate the plants and are considered obligatory biotrophic; in establishing the symbiosis contribute to the availability of nutrients from the soil to the plants. The objective of this work was to evaluate the influence of the transposition nucleation technique of the second organic litter sub-horizon in the community of mycorrhizal fungi in a disturbed area located in the municipality of Cabreúva, SP. Ten plots were delimited in the experimental unit, being five control plots and five plots with treatment. Two samplings were carried out, the first in October 2017 and the second in July 2018. In these samplings, individual and integrated samples of the soil plots were collected to analyze the physical and chemical characteristics of the soil, the community of mycorrhizal fungi and the number of glomerospores. A total of 27 species were distributed in eight genera: *Pacispora* (1 species), *Diversispora* (1), *Funneliformis* (1), *Archaeospora* (2), *Scutellospora* (3), *Dentiscutata* (4), *Acaulospora* (5) and *Glomus*, belonging to six families. It was concluded that the edaphic conditions of the experimental unit are consistent with the presence of arbuscular mycorrhizal fungi. The transposed organic matter did not promote an increase in species richness and didn't facilitate the colonization of plant species in the area, whereas gravimetric and grassy moisture may have influenced the richness. The multivariate permutation analysis detected differences in the composition of the species between the seasons and the density of glomerospores decreased in the dry season.

Keywords: Degraded soil. Organic matter. Glomeromycota.

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1: Representação esquemática da colonização radicular por FMA.	24
Figura 2: A- Localização do município de Cabreúva, Estado de São Paulo, Brasil. B- Localização da área de estudo, sítio do Sol. C- Delimitação da unidade experimental.	27
Figura 3: A- Imagem aérea das 25 parcelas delimitadas. B - Esquema representativo das parcelas escolhidas aleatoriamente, com e sem tratamento.....	28
Figura 4: Fluxograma das etapas de coleta de solo da unidade experimental em 12/outubro/2017 e 12/julho/2018, no sítio do Sol, município de Cabreúva-SP.....	30
Figura 5: Teste t-pareado da riqueza de espécies de FMAs, porcentagens de umidade gravimétrica e matéria orgânica das amostras individuais de solo nos dois períodos de amostragem: 10/2017 (1) e 07/2018 (2) na unidade experimental do sítio do Sol, Cabreúva, SP.	38
Figura 6: Ordens de escalonamento multidimensional não-paramétrico (NMDS) da composição das espécies de FMA, resgatadas nos dois períodos de amostragem: 10/2017 (1) e 07/2018 (2), nas dez parcelas da unidade experimental do sítio do Sol, Cabreúva, SP.....	45
Gráfico 1: Precipitação acumulada (mm) por mês durante as estações chuvosa e seca, entre outubro de 2017 a outubro de 2018 no município de Cabreúva, SP.	39
Gráfico 2: Número total de espécies de FMA segundo agrupamento taxonômico, no nível de gênero, identificadas nos dois períodos de amostragem: 10/2017 (1) e 07/2018 (2) na unidade experimental do sítio do Sol, Cabreúva, SP.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise granulométrica do solo da unidade experimental do sítio do Sol, município de Cabreúva, SP.....	34
Tabela 2: Análise química das amostras integradas de solo nos dois períodos de amostragem: 10/2017 (1) e 07/2018 (2) na unidade experimental do sítio do Sol, Cabreúva, SP.	35
Tabela 3: Fungos Micorrízicos Arbusculares, frequência absoluta (Fa) e frequência relativa (Fr) das espécies de FMA, resgatadas nos dois períodos de amostragem: 10/2017 (1) e 07/2018 (2), na unidade experimental do sítio do Sol, Cabreúva, SP.....	41
Tabela 4: Média da densidade absoluta (DA) de glomerosporos por gênero de FMAs resgatados nos dois períodos de amostragem: 10/2017 (1) e 07/2018 (2), na unidade experimental do sítio do Sol, Cabreúva, SP.	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEUNSP - Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio

dm – decímetro(s)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FMA - Fungo Micorrízico Arbuscular

g- grama(s)

l – litro (s)

LAMA - Laboratório Didático de Microbiologia Ambiental

m – metro(s)

mg – miligrama(s)

ml - mililitro

mm- milímetro(s)

mmol – milimol

PERMANOVA - *Permutational Multivariate Analysis of Variance*

rpm - rotações por minuto

SMA – Secretaria do Meio Ambiente

UFSCAR So - Universidade Federal de São Carlos, campus de Sorocaba

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
2.OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
3.1 MICROBIOLOGIA DO SOLO	16
3.2 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE FMA.....	17
3.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DOS GLOMEROMICETOS	20
3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS GLOMEROSPOROS.....	21
3.5 O DESENVOLVIMENTO DA SIMBIOSE ENTRE FUNGOS E PLANTAS TERRESTRES	22
3.6 MANEJO DO SOLO E COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA	24
4.MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
4.1 ÁREA DE ESTUDO - HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO.....	26
4.1.1 Área Experimental	26
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
4.2.1 Descrição do experimento	27
4.2.2 Análise da composição de FMA.....	33
4.2.3 Análise estatística dos dados	33
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE ESPÉCIES VEGETAIS.....	34
5.2 ANÁLISE FÍSICA-QUÍMICA DAS AMOSTRAS INTEGRADAS DE SOLO	34
5.3 ANÁLISE FÍSICA-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS AMOSTRAS INDIVIDUAIS DE SOLO.....	37
5.4 DIVERSIDADE DE FMA	40
5.5 DENSIDADE DE ESPOROS	46
6.CONCLUSÃO.....	49
PERSPECTIVA FUTURA	49
REFERÊNCIAS	51
APÊNDICE – A	64

1. INTRODUÇÃO

Muitas comunidades biológicas que se estabeleceram a milhões de anos estão sendo devastadas pelo ser humano em toda Terra (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Com o atual crescimento populacional e contínuos avanços tecnológicos, utilizados para explorar os recursos naturais, muitas espécies da fauna e flora brasileira foram extintas e outras estão ameaçadas de extinção (BRASIL, 2017).

Dados disponibilizados pela Fundação SOS Mata Atlântica, em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, apontam que no período de 2015 a 2016 foram desmatados 29.075 hectares nas áreas dos 17 estados com remanescentes de Mata Atlântica, o que indica um aumento de 61,2% no desmatamento quando comparado ao período de 2014 a 2015 (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2018). Uma área desmatada, de acordo com a Instrução Normativa IBAMA nº4/2011, incisos I e II do artigo 4º, pode ser considerada como área degradada quando é impossibilitada de regenerar naturalmente ou como área alterada/perturbada, quando após o impacto ainda possui meios de regeneração natural (BRASIL, 2011).

A prática de queimadas, a remoção completa da vegetação natural principalmente em áreas de preservação permanente, o preparo inadequado do solo para o uso agrícola e a exploração, sem a reposição de matéria orgânica ou nutrientes do solo, a falta de planejamento de uso e ocupação do solo em áreas urbanas e rurais, são exemplos de ações que impactam diretamente o solo e todos os outros recursos naturais (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2015).

A Lei Federal nº 9.985/2000, inciso XIV, do artigo 2º define restauração como a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original” (BRASIL, 2000). Recentemente em 2014, a resolução SMA nº 32 de 2014, inciso I, artigo 2º, conceitua a restauração ecológica como uma “intervenção humana intencional em ecossistemas degradados ou alterados para desencadear, facilitar ou acelerar o processo natural de sucessão ecológica” (SÃO PAULO, 2014). Ao longo dos anos, as técnicas de restauração foram complementadas com os saberes de processos ecológicos mantenedores da dinâmica das matas nativas (BECHARA et al., 2009) que propiciam melhorias na qualidade da água e do solo, alimento para a fauna e refúgio para a biodiversidade (REIS et al., 2003).

A nova visão de restauração ecológica, baseada no reestabelecimento de processos ecológicos com o abandono de técnicas tradicionais silviculturais, procura assemelhar-se a natureza, utilizando o mínimo de insumos e restituindo a saúde, a integridade e a

sustentabilidade do ecossistema por meio de técnicas implantadas em áreas parciais, denominadas de núcleos que propiciam a restituição do ambiente (BECHARA et al., 2009; SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2004). O propósito da técnica de nucleação é encontrar vários elementos (microrganismos, sementes, entre outros) em áreas naturais e movê-los para a área perturbada a fim de criar pequenos núcleos de habitats que propiciem uma heterogeneidade ambiental ao longo do tempo e do espaço. Ou seja, esses núcleos funcionam como gatilhos ecológicos para o processo de regeneração natural e possibilitam a chegada de seres vivos que podem estabelecer interações interespecíficas. Além de formarem novas populações, os núcleos são capazes de gerar conectividade com a paisagem (REIS; BECHARA; TRES, 2010; SÃO PAULO, 2011; DE CASTRO; MELLO; POESTER, 2012). Na literatura são descritas várias técnicas nucleadoras utilizadas no processo de restauração, tais como transposição de solo, semeadura direta e hidrossemeadura, transposição de galharia, poleiros artificiais e plantio de mudas em ilhas de alta diversidade (REIS et al., 2003).

A camada superficial do solo da floresta, denominada como serapilheira ou manta florestal é um sistema complexo formado por resíduos de plantas (folhas, flores, frutos, galhos) e animais em vários graus de decomposição, resíduos excretados pelos organismos, além de microrganismos vivos (IBAMA, 1990; CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015).

Almeida (2016) afirma que a utilização de métodos biológicos na restauração de áreas alteradas é uma maneira econômica e eficiente de restaurar ou até mesmo recuperar estas áreas. Primavesi (2008) complementa que a restauração da terra sempre se faz com matéria orgânica; a aplicação da serapilheira em áreas perturbadas contribui com a recolonização de macro e microrganismos do solo e até mesmo poderá aumentar a comunidade de microrganismos, além de reduzir a temperatura do solo, aumentar a capacidade de absorção de água e possibilitar o fornecimento de propágulos de espécies vegetais. Esta prática de incremento de matéria orgânica permite a inoculação de fungos micorrízicos que ampliam a eficiência na absorção de nutrientes pelo sistema radicular das plantas presentes (ALMEIDA, 2016).

Até o momento não foram encontrados estudos de nucleação do segundo sub-horizonte orgânico do solo relacionados aos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) pertencentes ao filo Glomeromycota. Bever et al. (2001) revelam ser muito reduzida a densidade de esporos em habitats perturbados, nos quais plantas não micotróficas dominam. Conforme os fungos se instalam nas áreas perturbadas, acredita-se que plantas micorrízicas facultativas e obrigatórias se desenvolvam. As micorrizas podem ser severamente influenciadas por danos à vegetação e ao solo, resultantes de processos naturais ou intervenção humana (BRUNDRETT; PICHE; PETERSON, 1985). A retirada total da cobertura vegetal, a perda da camada arável e do

revolvimento intenso são práticas agrícolas prejudiciais às micorrizas (DE SOUZA; SCHLEMPER; STÜRMER, 2017). Para entender a resposta das florestas secundárias a perturbações ao longo do processo sucessional, principalmente das perturbações que influenciam a dinâmica da serapilheira, nutrientes e água, é necessária uma melhor compreensão das relações entre micorrizas arbusculares e a mudança na cobertura vegetal (MAIA; VASCONCELOS; CARVALHO, 2015). A hipótese desta pesquisa é que a técnica nucleadora de transposição de matéria orgânica do solo florestal aumenta a diversidade e a densidade de glomerosporos de fungos endomicorrízicos em áreas de restauração ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência da transposição da serapilheira na comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em uma área perturbada localizada no município de Cabreúva-SP.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Verificar a riqueza de fungos micorrízicos arbusculares por meio de análise quantitativa e qualitativa de esporos presentes no solo da área perturbada.
- b) Comparar a riqueza de espécies e a densidade de esporos dos fungos micorrízicos arbusculares resgatados da área perturbada sujeita a nucleação (tratamento) e sem nucleação (controle).
- c) Observar a regeneração natural de espécies vegetais (herbáceas, arbustivas e arbóreas) em todas as parcelas, controle e tratamento.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 MICROBIOLOGIA DO SOLO

A palavra solo indica a camada externa, frouxa e agricultável da superfície da Terra, distinta da camada rochosa subterrânea (MADIGAN et al., 2016; REICHARDT; TIMM, 2016). Devido a um conjunto de fenômenos físicos, químicos e biológicos de desintegração, decomposição e rearranjo estrutural (REICHARDT; TIMM, 2016) forma-se o solo e suas várias camadas (horizontes) paralelas à superfície com aspectos diferentes (LEPSCH, 2010). O desenvolvimento do solo se dá por longos períodos geológicos devido às interações entre o material geológico (rochas), a topografia (características do terreno), o clima e a presença de seres vivos (MADIGAN et al., 2016). De acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2015), o solo é fundamental para a manutenção dos recursos naturais e seu uso adequado é uma condição para a sobrevivência de todos os seres vivos. Além do mais, segundo a *Food and Agriculture Organization* (2018) estima-se um crescimento populacional mundial para 9,2 bilhões no ano de 2050, o que exigirá uma produção maior de alimentos, de 1,64 bilhões de toneladas para 2,60 bilhões, sendo o solo, um recurso crucial no suporte da produção de alimentos no mundo.

Cardoso e Andreote (2016) afirmam que a camada viva do solo é fundamental para seu funcionamento. Muitas funções similares em diferentes solos podem ser realizadas por um mesmo grupo de organismos ou até mesmo por organismos diferentes, o que torna indispensável a compreensão da composição e do funcionamento metabólico da comunidade ecológica dos microrganismos, também denominada de microbiota. Primavesi (2008) complementa que em um solo vivo há várias formas de organismos interagindo entre eles e com os constituintes orgânicos e inorgânicos do solo, além desse dinamismo biológico contribuir efetivamente com a melhoria do solo na agregação das partículas tornando-o de aspecto grumoso, e no favorecimento da permeabilidade do ar e da água.

Um solo bem desenvolvido ou maduro, visto sob o perfil vertical, pode apresentar vários horizontes (REICHARDT; TIMM, 2016), sendo considerado o horizonte orgânico (O), aquele cuja composição é feita de matéria orgânica como folhas e galhos depositados superficialmente em condição de drenagem livre, sem água parada (DOS SANTOS et al., 2018). Ao se tratar deste horizonte orgânico, Lepsch (2010) divide em dois sub-horizontes, o primeiro, formado de detritos mais antigos já decompostos e em processo de fermentação, e o segundo, formado por detritos recém caídos que repousam sob o outro sub-horizonte.

Ao se observar o perfil do solo, outra camada importante é horizonte A, ou seja, o solo superficial de coloração escura, com alto teor de matéria orgânica parcialmente ou totalmente humificada, com muitos microrganismos (MADIGAN et al., 2016) e que se encontra exposto diretamente à atmosfera. É considerado um horizonte muito suscetível a perda de elementos químicos por estar em constante contato com a água das chuvas (REICHARDT; TIMM, 2016).

Os benefícios da matéria orgânica são distribuídos em três categorias de acordo com Alcântara e Madeira (2008). A primeira categoria elenca os benefícios para a fertilidade do solo, tais como o fornecimento de nutrientes para as culturas, aumento da Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e controle da toxidez causada por elementos tóxicos. Já a segunda categoria, traz os benefícios relacionados a melhoria estrutural do solo, como densidade, porosidade, capacidade de infiltração e retenção da água. Primavesi (1992) complementa que a matéria orgânica é considerada um condicionador da terra, pois recupera os poros do solo permitindo a entrada de água e ar, sem ela, a água escoar. E por último, os benefícios referentes a biota que utilizam a matéria orgânica como fonte de alimento, além de proporcionar o aumento de anelídeos, fungos, bactérias e outros seres vivos (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).

Considerando a extensão territorial do Brasil, têm-se pouco conhecimento sobre a microbiologia do solo de ocorrência em áreas naturais, principalmente pela necessidade de grandes esforços amostrais que muitas vezes são limitados pelo acesso restrito às diferentes áreas longínquas (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

A microbiota do solo em áreas naturais possui relevante função na ciclagem e no fornecimento de nutrientes assim como na sustentação do ecossistema. Quando se trata de áreas agrícolas, as plantas inseridas nesses solos são selecionadas de acordo com a comunidade microbiológica presente no solo que pode estabelecer relações ecológicas com as plantas e até mesmo, impedirem a invasão de organismos externos (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). A maioria das espécies fúngicas vive no solo ou na matéria vegetal morta (MADIGAN et al., 2016) e é considerada elemento-chave na degradação e ciclagem dos elementos constituintes da matéria orgânica vegetal depositada no chão das florestas (DA SILVA; COELHO, 2006). Grande parte das plantas terrestres depende de alguns fungos que facilitam a obtenção de minerais do solo por meio de uma relação simbiótica entre o fungo e as raízes das plantas, associação conhecida por micorriza (MADIGAN et al., 2016).

3.2 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE FMA

Os fungos são agrupados no clado Fungi, possuem nutrição heterotrófica via absorção, têm crescimento vegetativo por meio de um micélio imóvel, exceto para as células reprodutoras,

realizam a reprodução de forma sexuada (fusão e meiose) ou assexuada (divisão nuclear apenas mitótica) e seus esporos são microscópicos. De distribuição cosmopolita, habitam ambientes terrestres e aquáticos e desempenham papéis ecológicos importantes, sendo considerados sapróbios, simbiontes mutualistas e parasitas (WEBSTER; WEBER, 2007).

Em 1885, o pai da micorrizologia Bernard Frank, um fisiologista vegetal, ao comentar sobre a relação estabelecida entre algumas espécies vegetais, principalmente as cupulíferas (carvalhos nativos, faia, avelã ou castanha) com o micélio fúngico utilizou pela primeira vez o termo “mycorrhiza”, de origem grega (*myco* = fungo, e *rhiza* = raiz). Ainda, Frank complementou que estas árvores não se alimentam do solo de maneira independente, necessitam do micélio fúngico para sua nutrição (FRANK, 1885).

Na literatura são descritos vários tipos de micorrizas baseado nas características do fungo, da planta hospedeira e da estrutura de associação. São micorrizas arbusculares e vesiculares (endomycorrizas), ectomicorrizas, micorrizas ericóides (SMITH; READ, 2008), micorrizas orquidóides (HADLEY, 1982), micorrizas arbutóides e monotrópides (SMITH; READ, 2008).

A associação ectomicorrízica, geralmente é encontrada em fungos dos clados Basidiomycota e Ascomycota com as raízes de plantas lenhosas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; MADIGAN et al., 2016). Já a associação endomicorrízica, é formada por fungos do clado Glomeromycota com plantas lenhosas e não-lenhosas, incluindo muitas espécies agrícolas (GIOVANNETTI; SBRANA, 1998; MADIGAN et al., 2016).

Estudos filogenéticos realizados por Simon et al. (1993) a partir de registro fóssil de fungos endomicorrízicos estimam sua origem na era Paleozóica, por volta de 353 a 462 milhões de anos, o que é consistente com a hipótese de que o fungo micorrízico arbuscular foi fundamental para a colonização das plantas terrestres (FRANK, 1885; REDECKER; KODNER; GRAHAM, 2000; SMITH; READ, 2008).

Três estruturas são importantes na associação endomicorrízica: a raiz da planta, as estruturas fúngicas dentro e entre as células da raiz e o micélio extrarradicular no solo (SMITH; READ, 2008; MADIGAN et al., 2016). O termo “arbuscular”, refere-se a estrutura formada pelas hifas ramificadas ou enoveladas dicotomicamente, chamada de arbúsculo que é formada internamente no córtex das células de muitas raízes de plantas colonizadas por fungos micorrízicos. Outras estruturas como vesículas de armazenamento, são encontradas entre ou dentro das células corticais, sendo utilizado por muitas décadas o termo micorriza vesículo-arbuscular (MOSSE, 1973; MADIGAN et al., 2016).

Em 1979, os fungos vesículo-arbusculares foram classificados na família Endogonaceae, subdivisão Zygomycotina, ordem Endogonales (BENJAMIN, 1979), sendo os gêneros mais conhecidos: *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Sclerocystis*, *Entrophospora* (GERDEMANN; TRAPPE, 1974; AMES; SCHNEIDER, 1979). Porém, o termo micorriza vesículo-arbuscular foi descartado devido ao reconhecimento de que nem todos os fungos micorrízicos formam vesículas, e foi substituído pelo termo micorriza arbuscular que é mantido até os dias atuais (SMITH; READ, 2008).

Historicamente, vários pesquisadores propuseram classificações para o grupo dos fungos micorrízicos arbusculares e têm se dedicado às pesquisas voltadas aos fatores genéticos, estruturais e funcionais encontrados nos fungos e nas simbioses formadas, além de estudos a nível ecossistêmico (SMITH; READ, 2008; DE SOUZA et al., 2010). No Brasil, o estudo da biologia, ecologia, taxonomia, diversidade e aplicação das micorrizas em campo, têm contribuído com o êxito e a expansão da agricultura brasileira, tornando o país um dos maiores produtores e exportadores de produtos agrícolas a nível mundial (SIQUEIRA et al., 2010).

Na década de 50, pouco se sabia sobre a funcionalidade das micorrizas arbusculares (DE SOUZA et al., 2010). A primeira classificação foi descrita por Gerdemann e Trappe (1974), a qual descreveram os fungos micorrízicos arbusculares como pertencentes ao filo Zygomycota, a classe Zygomycetes, a ordem Endogonales e a família Endogonaceae. Posteriormente, em 1990, Morton e Benny propuseram uma nova ordem, Glomerales, duas novas subordens, Glomineae e Gigasporineae, e duas novas famílias, Acaulosporaceae e Gigasporaceae.

Em 2001, Morton e Redecker apresentaram mais duas famílias: Archaeosporaceae e Paraglomaceae. Nesse mesmo ano, com base em informações genéticas, morfológicas e bioquímicas, o fungo simbiótico que se associa a uma variedade de plantas hospedeiras, foi agrupado em um novo grupo monofilético, tornando-se pertencente ao filo Glomeromycota e a classe Glomeromycetes (glomeromicetos), além de mais três novas ordens descritas: Archaeosporales, Paraglomerales e Diversisporales (SCHUSSLER; SCHWARZOTT; WALKER, 2001).

Ao longo dos anos, novas reclassificações foram feitas na taxonomia e filogenia do clado Glomeromycota. Atualmente este clado possui 3 classes, 5 ordens, 16 famílias, 44 gêneros e 317 espécies descritas (DE SOUZA et al., 2010; MAIA; SILVA; GOTO, 2010; TEDERSOO et al., 2018; GOTO; JOBIM, 2019). No Brasil já foi identificada uma grande diversidade de fungos micorrízicos pertencentes às famílias: Glomeraceae, Gigasporaceae, Acaulosporaceae, Archaeosporaceae e Paraglomeraceae (BORGES, 2010).

3.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DOS GLOMEROMICETOS

O Fungo Micorrízico Arbuscular (FMA) é considerado biotrófico obrigatório porque obtém nutrientes a partir das plantas hospedeiras sem causar disfunções ou danos permanentes e depende da simbiose para completar seu ciclo de vida, uma vez que ao longo do processo evolutivo, perdeu sua capacidade saprofítica (WARNER; MOSSE, 1980; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SMITH; READ, 2008; DE SOUZA et al., 2010; MADIGAN et al., 2016). Os FMAs e as plantas micorrizadas, ao longo da evolução estabeleceram uma comunicação molecular por meio de estratégias de reconhecimento, tropismo e tactismo celular (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A grande maioria das hifas constituintes do micélio destes fungos são asseptadas (cenocíticas), porém ocasionalmente poderá ocorrer a formação de septos em hifas esporógenas após formação do esporo nos gêneros *Gigaspora* e *Scutellospora* (SOUZA et al., 2010).

A planta hospedeira se beneficia dos macronutrientes (fósforo e nitrogênio inorgânico) disponibilizados pelo fungo e em contrapartida, o fungo se beneficia dos nutrientes orgânicos vegetais (ALLEN et al., 2003; MADIGAN et al., 2016). Esta interação benéfica do fungo com as plantas hospedeiras pode contribuir para o estabelecimento da vegetação e recuperação de áreas impactadas. Os FMAs são considerados importantes sensores ambientais pelo fato de serem muito sensíveis às interferências no ecossistema que levam à degradação do solo (COLODETE; DOBBSS; RAMOS, 2014), porém toleram fatores estressantes relacionados a acidez do solo e metais pesados (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Colodete, Dobbss e Ramos (2014) afirmam que os FMAs representam um componente significativo nos ecossistemas, principalmente aqueles cujos solos se encontram degradados com severas limitações nutricionais de nitrogênio e fósforo, no qual influenciam o crescimento e a adaptação das plantas aos estresses bióticos e abióticos do solo devido ao aumento da absorção de nutrientes para os vegetais. Também propiciam o aumento da produção de biomassa vegetal em espécies arbóreas, principalmente espécies pioneiras e secundárias iniciais, utilizadas na recuperação de florestas ciliares (BRAGHIROLI et al., 2012).

As raízes das plantas podem ser colonizadas por meio de esporos, hifas ou por pedaços de raízes já infectadas. Observações de campo pelo método convencional e molecular revelam que um único sistema radicular pode abrigar uma grande quantidade de espécies de fungos arbusculares e que diferentes locais podem conter as mesmas espécies ou variantes da sequência molecular (SMITH; READ, 2008).

3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS GLOMEROSPOROS

Devido a diversidade morfológica complexa da parede dos esporos de FMA, e de acordo com dados moleculares que os classificam em um grupo monofilético, o Glomeromycota (SCHUSSLER; SCHWARZOTT; WALKER, 2001), Goto e Maia (2006) propuseram uma nova denominação para os esporos de Glomeromycota, os glomerosporos (“Glomero” = referindo-se ao filo Glomeromycota + “esporo” = estrutura reprodutiva), cuja reprodução é assexuada.

Gianinazzi-Pearson et al. (1994), verificaram nos esporos a presença de lipídio e carboidratos, paredes espessas e resistentes com quitina e as vezes, betaglucano. O próprio glomerosporo é uma estrutura de resistência às condições ambientais de sobrevivência e podem ser dispersos pela água, vento e animais (SMITH; READ, 2008), além da extrema importância em relação a sobrevivência e propagação das espécies de FMAs.

Os esporos, considerados unidades biológicas produzidas pelos glomeromicetos, possuem diversas características morfológicas que auxiliam na identificação e descrição das espécies desse grupo, tais como a forma (globoso, subgloboso e irregular), a cor (hialino, amarelo, marrom e negro) o modo de desenvolvimento (glomóide, radial-glomóide, gigasporoide, acaulosporoide e entrofosporoide), a estrutura e a organização das paredes com suas camadas, a reação histoquímica das paredes ao reagente de Melzer e a presença ou ausência de esporocarpo. Outra característica é a diversidade de tamanho, variando entre 22 a 1.050 micrômetros de diâmetro, sendo então considerados entre os maiores do reino Fungi (SIQUEIRA et al., 1985; SMITH; READ, 2008; SOUZA et al., 2010; MAIA; SILVA; GOTO, 2010). Apesar de muitos pesquisadores brasileiros e estrangeiros terem contribuído com pesquisas sobre os esporos, muitos aspectos da germinação ainda não foram esclarecidos (MAIA; SILVA; GOTO, 2010).

Moreira e Siqueira (2006) explicam que o desenvolvimento dos esporos é por embriogênese somática e o micélio vegetativo não é geneticamente homogêneo por possuir vários núcleos geneticamente distintos, no entanto, estes esporos assexuais podem ser contados a fim de fazer uma análise quantitativa populacional, mas não devem ser considerados indivíduos.

Um dos fatores que influenciam a presença ou não dos esporos é a estação do ano. Há esporos de fungos que esporulam no final da primavera e outros, no final do verão. Entre as espécies de FMAs pode variar os caracteres biológicos, tais como o período de dormência, os requisitos de germinação e de esporulação (BEVER et al., 2001).

Em relação à propagação, os esporos naturalmente encontram-se em estado de quiescência que é caracterizado pela ausência de germinação num período que se estende de algumas semanas até vários meses e, ao encontrarem condições favoráveis e específicas, desencadeiam o processo germinativo e o posterior crescimento da fase filamentosa (TOMMERUP, 1983; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; MAIA; SILVA; GOTO, 2010). Tommerup (1987) acrescenta que os esporos são considerados quiescentes por estarem inativos devido às condições impróprias ou adversas do solo que não são favoráveis à sua germinação.

De acordo com Siqueira et al. (1985), o processo germinativo pode ocorrer na ausência de uma planta hospedeira, apenas com a mobilização das reservas energéticas, tais como triglicerídeos, contidos no glomerosporo. Para a formação, emergência e crescimento do tubo germinativo são sintetizados ácidos nucléicos e proteínas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Maia, Silva e Goto (2010) complementam que antes do estabelecimento simbiótico, os FMAs realizam a germinação, a formação do tubo germinativo e a produção restrita de micélio, denominada de fase pré-simbiótica (ou assimbiótica). Siqueira et al. (1985) indicaram que a temperatura, umidade, luminosidade, aeração e o pH podem controlar ou afetar a fase pré-simbiótica.

Após o período de crescimento, as hifas se tornam septadas e o esporo entra novamente em quiescência, o que evidencia o biotrofismo obrigatório (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). De maneira geral, os esporos são capazes de sobreviver em longo prazo no solo e podem germinar por várias vezes na ausência das raízes, mantendo uma baixa atividade metabólica (SMITH; READ, 2008).

3.5 O DESENVOLVIMENTO DA SIMBIOSE ENTRE FUNGOS E PLANTAS TERRESTRES

Morfologicamente e fisiologicamente, as plantas vasculares terrestres são formadas de duas estruturas distintas: uma aérea (folhas), autotrófica e visível e outra estrutura subterrânea (raízes), heterotrófica e invisível. Ambas as estruturas permitem o suporte mecânico, a aquisição e armazenamento de recursos e a reprodução. Em especial, a parte subterrânea estabelece uma forte ligação com outros organismos, como é o caso dos microrganismos (CRUZ et al., 2008). As raízes produzem exsudatos que provocam alterações no metabolismo fúngico e estimulam o aumento da ramificação, a extensão das hifas e o contato com a raiz (SMITH; READ, 2008). Nesta ligação, as plantas obtêm acesso aos nutrientes inorgânicos presentes no solo, principalmente aqueles de baixa mobilidade (LAMBALIS, 2006) e os fungos

obtem carboidratos sintetizados pelas plantas via fotossíntese, o que justifica a associação entre os fungos e as plantas (CRUZ et al., 2008).

De acordo com Berta et al. (1990), além dos fungos micorrízicos arbusculares contribuírem com a aquisição de fósforo para as plantas, eles estimulam respostas endógenas relacionadas aos reguladores de crescimento do hospedeiro, tais como o aumento da citocinina e a diminuição da produção de ácido abscísico que interferem no tamanho das plantas (JOHANSEN; JAKOBSEN, JENSEN, 1992).

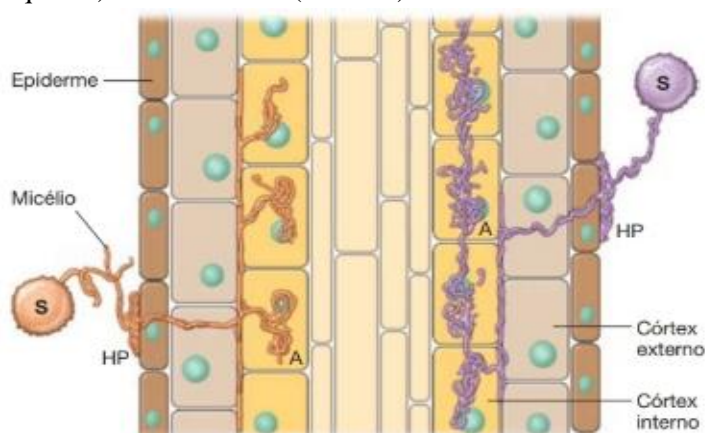
Buee et al. (2000) ao isolarem exsudatos das raízes de algumas espécies de plantas hospedeiras, constataram a presença de moléculas, denominadas de fatores de ramificação, fundamentais para o desenvolvimento de fungos micorrízicos arbusculares. Em 2003, Requena et al. afirmaram que estes fatores radiculares liberados são reconhecidos por receptores específicos da membrana plasmática fúngica. E constataram que a simbiose estabelecida causa uma modificação no padrão de expressão gênica em ambos simbiontes, e posteriormente desencadeia alterações morfológicas e fisiológicas indispensáveis para a transferência bidirecional de nutrientes. Madigan et al. (2016) mencionaram que os fungos micorrízicos arbusculares produzem fatores de sinalização oligossacarídeos de lipoquitina, conhecidos como fatores Myc.

Em diferentes anos, vários pesquisadores, desde Brundrett, Piche e Peterson (1985) até Giovannetti e Sbrana (1998) indicaram que a hifa fúngica se ramifica profusamente (Figura 1), e por meio da estrutura denominada de hifopódio, ocorre o contato com as células epidérmicas superficiais da raiz e após 2 a 3 dias, formam-se os apressórios e na sequência, após 2 dias, há penetração de raízes e a formação de arbúsculos (LAMBAIS, 2006; SMITH; READ, 2008; MADIGAN et al., 2016).

A penetração pode ocorrer entre ou através das células epidérmicas e o crescimento fúngico se dá dentro (intracelular) ou entre (intercelular) o córtex da raiz. Na parte interna do córtex, as hifas intracelulares se diferenciam em estruturas denominadas arbúsculos que permanecem isoladas do protoplasma vegetal por uma membrana citoplasmática que forma uma região denominada apoplasto, além disso, as hifas arbusculares estão relacionadas com a transferência de nutrientes (LAMBAIS, 2006; MADIGAN et al., 2016). Um arbúsculo pode viver entre 4 e 10 dias, depois desse prazo eles se degradam completamente (LAMBAIS, 2006) deixando as células do córtex intactas e livres para outros arbúsculos (DE NOVAIS et al., 2017). Muitos mecanismos moleculares que regulam o desenvolvimento e funcionamento dos FMA ainda estão sendo estudados.

Figura 1: Representação esquemática da colonização radicular por FMA.

S= esporo; HP=hifopódio; A=arbusculos. Arbusculos são formados pelo espalhamento dos micélios no meio intercelular (à esquerda) ou intracelular (à direita).



Fonte: Adaptado de Madigan et al. (2016).

Dependendo do fungo, quando as unidades de infecção envelhecem podem formar vesículas de paredes espessas. Em fungos da família Gigasporaceae, especialmente nos gêneros *Scutellospora* e *Gigaspora*, não ocorre o desenvolvimento de vesículas, mas há produção celular de micélio extrarradicular (SMITH; READ, 2008). As hifas externas sofrem diferenciação e crescem no solo permitindo uma fonte potencial de inóculo para a colonização do mesmo sistema radicular ou de outras plantas e até mesmo sobrevivência. Esse crescimento vigoroso representa a busca por novas fontes de carbono orgânico, assim como nutrientes oriundos do solo, comportamento este denominado de forrageamento (SMITH; READ, 2008).

3.6 MANEJO DO SOLO E COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA

Os solos naturais e agricultáveis possuem condições adversas e estão em constante mudança em relação à temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes (DE SOUZA; SCHLEMPER; STÜRMER, 2017). As condições edáficas de composição do solo, temperatura, umidade, pH, capacidade de troca catiônica e fatores antropogênicos como a compactação do solo e pesticidas afetam a formação e a função dos fungos micorrízicos arbusculares (ENTRY et al., 2002).

O termo manejar significa ‘executar com as mãos’. Manejar o solo indica executar todas as operações de preparo e melhoria das condições do solo para posterior produção vegetal (DA SILVA, 2014). Os diferentes tipos de manejo do solo e as diversas culturas vegetais podem influenciar a colonização micorrízica e a densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (CORDEIRO et al., 2005), em contrapartida, os FMAs podem melhorar a

qualidade física, química e biológica do solo, respectivamente por meio das hifas externas, da absorção de nutrientes e de teias alimentares (CARDOSO; KUYPER, 2006). A expressão “manejo orgânico” é utilizada para as práticas de manutenção e melhoria dos teores de matéria orgânica e das atividades biológicas do solo através de um revolvimento mínimo. Além disso, este tipo de manejo opta pelas fontes orgânicas de nutrientes e não utiliza de insumos químicos (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).

Uma das alternativas de manejo orgânico é o uso da cobertura morta ou palhada para posterior cultivo. Comumente utiliza-se da palhada de plantas de interesse econômico das famílias botânicas: Fabaceae Lindl. e Poaceae Barnhart. para a cobertura do solo. Os pesquisadores Alcântara e Madeira (2008) salientam que quando a matéria orgânica é produzida no próprio local, o agricultor está respeitando o princípio da sustentabilidade, mas reforçam que é impossível reproduzir o efeito de estruturação do solo promovido pela aração biológica, oriunda da decomposição das raízes de culturas precedentes. Quando se trata em recuperar uma área degradada, a serapilheira é indicada para acelerar o processo de sucessão e de restauração das funções da vegetação implantada (MARTINS, 2001; ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003). Portanto, o estudo de fungos endomicorrízicos do solo pode permitir uma avaliação da melhoria das condições do solo ao longo do tempo em projetos de restauração ambiental de áreas perturbadas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO - HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO

O município de Cabreúva localiza-se no centro-sul do Estado de São Paulo (23K 7421012.96 S, 281488.98), estendendo-se por aproximadamente 260 km², com altitude de 640 metros acima do nível do mar, na unidade geomorfológica do Planalto Atlântico (CARPI JÚNIOR, 2010). Visando proteger o maciço montanhoso denominado serra do Japi (AB' SABER, 1992), formado pelas serras do Japi, Guaxinduva, Guaxatuba e Cristais e seus recursos hídricos, e para conservar os processos naturais e a biodiversidade, o município foi designado em 1984 pela Lei Estadual n° 4.023 como APA - Área de Proteção Ambiental (SÃO PAULO, 1984).

Em 1998 foram regulamentados o zoneamento ambiental e as diretrizes para o uso e ocupação do solo pelo Decreto Estadual n° 43.284 (SÃO PAULO, 1998). A caracterização do uso e ocupação da terra em Cabreúva é predominantemente agrícola. Entretanto, há um centro urbano concentrado, um distrito industrial e alguns bairros e loteamentos residenciais um pouco mais dispersos (ENGECORPS, 2011).

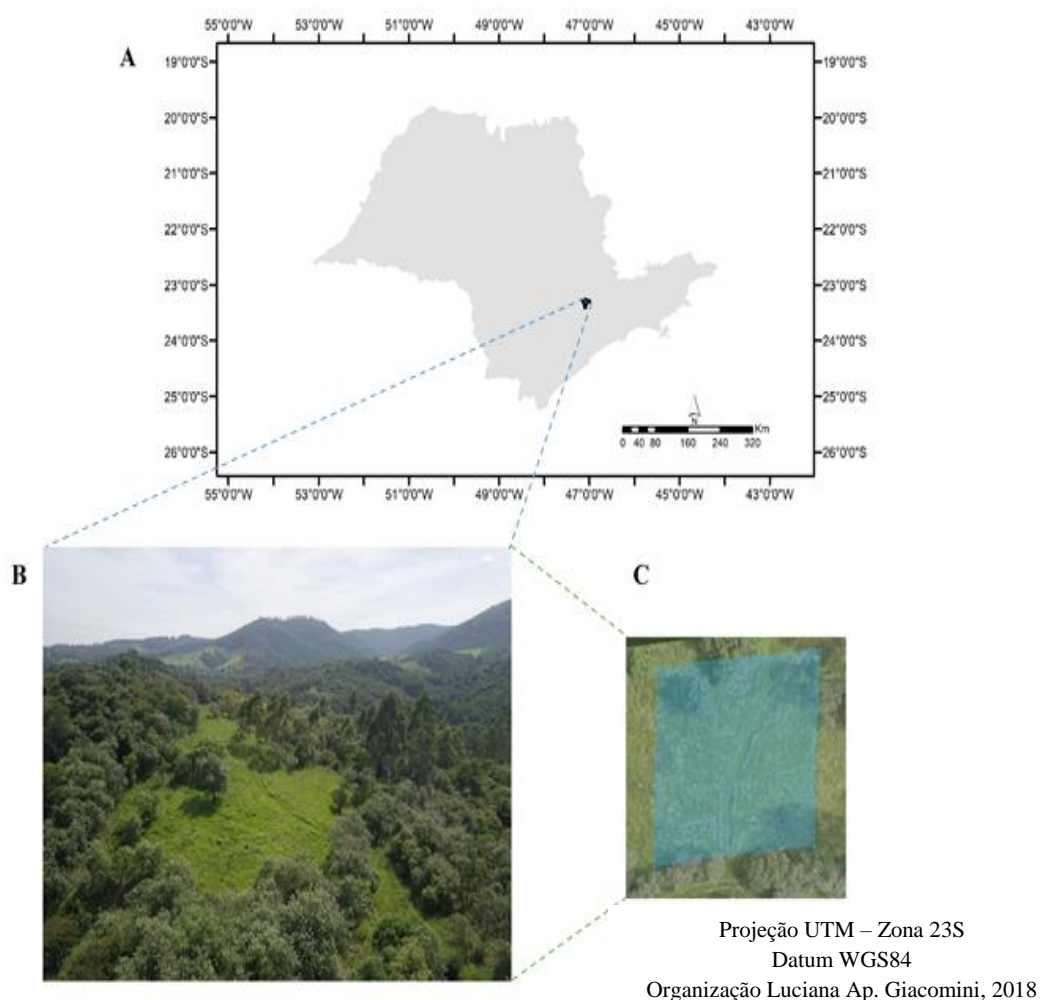
A cobertura pedológica que caracteriza o município é formada por argissolo vermelho-amarelo, com um horizonte B textural, elevada acidez e aumento da fração argila em profundidade (DOS SANTOS et al., 2018). O clima é classificado como tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno de acordo com a classificação climática de Koppen. O mês de julho é mais frio, com uma temperatura média de 17,1°C e o mês de fevereiro é o mais quente, média de 24°C. A média de temperatura anual é em torno de 20,9°C e o índice pluviométrico é de 1.433 milímetros/ano (CEPAGRI, 2013).

Dados da Fundação SOS Mata Atlântica (2019) apontam que o município de Cabreúva possui 7.491 hectares de Mata Atlântica nativa, considerando apenas resultados para a vegetação acima de três hectares e no período de 2000 a 2017 não foi identificado desmatamento.

4.1.1 Área Experimental

Está situada no município de Cabreúva-SP (Figura 2), no sítio do Sol localizado na estrada dos Romeiros (23K 7420062.55 S, 285802.26 E). O sítio possui no total 27 hectares de terra, com várias áreas alteradas e alguns fragmentos florestais remanescentes de Mata Atlântica.

Figura 2: A- Localização do município de Cabreúva, Estado de São Paulo, Brasil. B- Localização da área de estudo, sítio do Sol. C- Delimitação da unidade experimental.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

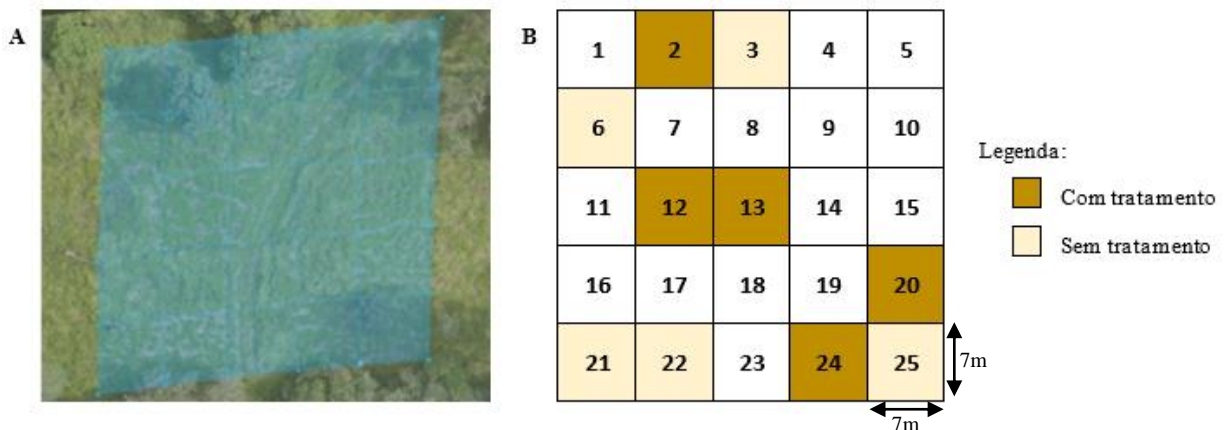
As análises foram realizadas em várias etapas e diferentes locais: unidade experimental no município de Cabreúva-SP, Laboratório Didático de Microbiologia Ambiental (LAMA) da Universidade Federal de São Carlos - campus de Sorocaba e Laboratório de Microbiologia do Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio (CEUNSP), Itu - SP.

4.2.1 Descrição do experimento

Campo – Entre os dias 02 e 06 de outubro de 2017 foram delineadas 25 parcelas experimentais (Figura 3A) contínuas de 7m x 7m, com o auxílio de barbante e estacas, totalizando uma área de 1.225 m². Após, foi realizado em toda unidade experimental, o controle da espécie exótica do gênero *Urochloa* (Poaceae) por meio de uma roçadeira costal, com a

remoção de toda parte aérea do local. Um terraço de infiltração foi construído manualmente na parte superior da área devido a declividade do terreno inferior a 18%, para interceptar o escoamento de água superficial e retê-lo para posterior infiltração no perfil do solo (WADT, 2003).

Figura 3: A- Imagem aérea das 25 parcelas delimitadas. B - Esquema representativo das parcelas escolhidas aleatoriamente, com e sem tratamento.



Fonte: Elaborado pela autora.

Ao percorrer em *zig-zag* toda a unidade experimental, foram obtidas aleatoriamente dez amostras simples da camada de 0-20 cm de profundidade do solo com o auxílio de um trado sonda, conforme o protocolo estabelecido pela EMBRAPA (DE ARRUDA; MOREIRA; PEREIRA, 2014). Estas amostras foram colocadas em um balde desinfetado com álcool 70%, homogeneizadas e apenas uma amostra composta, denominada de primeira amostra integrada do solo com aproximadamente 300 gramas coletada por meio de uma pá de jardinagem (pré-higienizada) foi retirada, acondicionada em saco plástico estéril (17x24 cm) e submetida a um laboratório externo para a determinação das propriedades físicas e químicas (Figura 4).

Das 25 parcelas anteriormente determinadas, foram selecionadas pelo sistema *Research Randomizer* (<https://www.randomizer.org/>) 10 parcelas permanentes, a fim de estabelecer comparação entre elas. As parcelas selecionadas para o grupo controle (sem tratamento) foram as de números 3, 6, 21, 22 e 25 (equivalentes a 1, 2, 3, 4 e 5), e as de números: 2, 12, 13, 20 e 24 (1', 2', 3', 4' e 5') receberam o tratamento (Figura 3B).

Para a realização das análises química (matéria orgânica), física (umidade) e microbiológica (Figura 4), foram coletadas três amostras simples da camada de 0-20 cm de profundidade do solo de cada parcela selecionada com o auxílio de um trado sonda (DE ARRUDA; MOREIRA; PEREIRA, 2014). Nesta camada geralmente há maior diversidade e

número de esporos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Para cada parcela, as três amostras foram colocadas em um balde desinfetado com álcool 70%, homogeneizadas, selecionadas duas amostras compostas com aproximadamente 250 gramas cada, denominadas de amostras individuais, e em seguida foram acondicionadas em sacos plásticos estéreis. Das dez parcelas amostradas, resultaram no total 20 amostras individuais de solo, que foram armazenadas em caixa de isopor para o transporte até o Laboratório Didático de Microbiologia Ambiental (LAMA) da UFSCAR- So.

Em cinco das 10 parcelas selecionadas foi implantado em 12 de outubro de 2017 o tratamento por meio da transposição do folheto presente no segundo sub-horizonte orgânico de um fragmento florestal adjacente de Floresta Estacional Semidecidual, em estágio médio de regeneração, com a função de proporcionar uma camada orgânica ao solo (TRES; GUINLE; REIS, 2005) e promover a instalação de organismos vivos, inclusive os fungos que contribuem com a incorporação de nutrientes para o solo (DE SOUZA; COSTA, 2010). Cada parcela selecionada recebeu 15 sacos de folheto com a capacidade de 80 litros, totalizando 1.200 litros por parcela e foi umedecida com regador de água a fim de fixar melhor o tratamento.

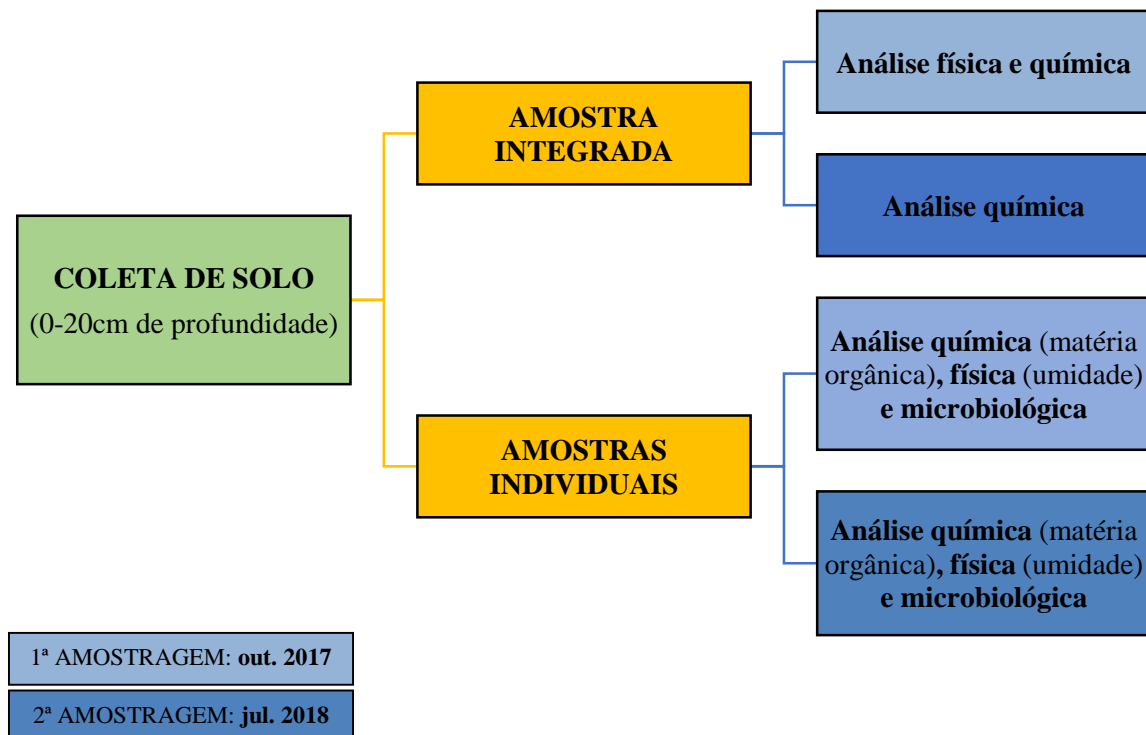
Após os procedimentos iniciais de campo, optou-se em não utilizar nenhum defensivo químico para exterminar a herbácea *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster e o solo foi mantido sob condições normais, ou seja, não houve revolvimento (aração e gradagem) do solo a fim de evitar a redução da colonização micorrízica ao expor os propágulos vegetativos (esporos, hifas, raízes colonizadas) de FMA ao sol, altas temperaturas, variações de umidade e de predadores (JASPER; ABBOTT; ROBSON, 1989; CORDEIRO et al., 2005; CARRENHO et al., 2010). Pelo fato de produzir condições semelhantes a natureza, as quais as plantas se desenvolvem naturalmente, optou-se pela não retirada da espécie exótica do gênero *Urochloa* que retomaria seu crescimento ao longo do experimento.

Nos primeiros quatro meses, período compreendido entre outubro de 2017 a março de 2018, foram realizadas quinzenalmente inspeções de campo a olho nu para observar se houve a germinação e o desenvolvimento de plântulas. A partir do quinto mês as observações passaram a ser mensais por não ter constado nenhum indivíduo regenerante nos meses anteriores.

Depois de nove meses (12/julho/2018) após a implantação do tratamento, considerado como segundo período de amostragem foi coletada uma segunda amostra integrada de acordo com o procedimento descrito anteriormente (DE ARRUDA; MOREIRA; PEREIRA, 2014) e submetida a um laboratório externo para análise apenas das propriedades químicas. Uma

segunda amostra de solo foi coletada de cada uma das dez parcelas, totalizando 20 amostras individuais de solo para a realização das análises química, física e microbiológica (Figura 4).

Figura 4: Fluxograma das etapas de coleta de solo da unidade experimental em 12/outubro/2017 e 12/julho/2018, no sítio do Sol, município de Cabreúva-SP.



Fonte: Elaborado pela autora.

Análises laboratoriais – As amostras integradas de solo foram submetidas a um laboratório externo para a determinação das propriedades físicas (granulometria por dispersão total) e químicas (micro e macronutrientes, capacidade de troca catiônica, pH) de acordo com a metodologia do Instituto Agrônomo de Campinas (RAIJ et al., 1997) e da Embrapa (SOBRAL et al., 2015).

As amostras individuais de solo foram armazenadas sob refrigeração, em geladeira, a 5°C por 24 horas (SAGGIN JUNIOR et al., 2011) para posterior realização das análises das propriedades do solo.

A determinação da matéria orgânica foi realizada pelo método da mufla estabelecido por Goldin (1987), com as seguintes modificações: pesagem de 10 gramas de cada amostra de solo em cadinhos de porcelana e secagem prévia das amostras em estufa a 90°C durante 24 horas, visando eliminar toda a água presente nos resíduos. Na sequência as amostras foram

colocadas em um dessecador, pesadas e acondicionadas em forno do tipo mufla e incineradas a uma temperatura de 550°C, por 1 hora. Após esse período, os cadinhos com resíduos foram guardados em um dessecador e, em seguida, pesados a fim de obter-se o peso final.

O teor da matéria orgânica foi determinado em razão da perda de massa do resíduo incinerado, considerando o material perdido pela queima no intervalo de variação da temperatura de 90°C a 550°C (CARMO; SILVA, 2012). Utilizou-se a fórmula: $MO (\%) = (P - (T-C) \times 100) / P$, sendo: P= peso da amostra em gramas depois de aquecida a 90°C; C= tara do cadinho (g) e T= peso da cinza + cadinho (g).

A determinação do teor de umidade presente em cada amostra de solo foi realizada de acordo com o manual de métodos de análise de solos (EMBRAPA, 2011). Cada amostra de solo foi inserida em uma lata de alumínio numerada e de massa conhecida e após foi pesada. Na sequência, foram levadas para a estufa a 90°C durante 24 horas e após esse período foram colocadas em um dessecador para esfriar e posterior pesagem. Utilizou-se a fórmula: $Ug = 100(a-b)/b$, onde Ug= umidade gravimétrica; a= peso da amostra úmida (g); b= peso da amostra seca (g).

Para avaliação da densidade e identificação dos glomerosporos do solo todas as amostras foram levadas para a estufa a 90°C durante 24 horas. Após, foram pesados 50 gramas de cada amostra de solo seco e guardadas em um dessecador. Os esporos de fungos micorrízicos arbusculares foram extraídos pelo método clássico de peneiramento úmido descrito por Gerdemann e Nicolson (1963), o qual se baseia na suspensão do solo em água, seguido de peneiramento. Cada amostra de 50g foi inserida em um béquer de 1L, colocou-se um pouco de água corrente e com o auxílio de uma colher foram quebrados os torrões do solo a fim de liberar os esporos agregados ao solo. Após, adicionou-se mais água até completar 1L, agitou-se o solo com a colher e deixou em repouso por 30 segundos para decantar.

O sobrenadante foi vertido sobre o jogo de peneiras, devidamente disposto da maior para a menor abertura das malhas (0,841 e 0,420 mm de diâmetro). O líquido resultante foi submetido várias vezes ao procedimento supracitado até o líquido ficar com o aspecto de água limpa (sem argila em suspensão). Por fim, este líquido foi vertido na peneira (malha de 0,053 mm) e por meio de uma pipeta Pasteur o material retido na peneira foi transferido para tubos de centrífuga do tipo Falcon de 50 ml. Este procedimento foi complementado com a metodologia de centrifugação em gradiente de densidade descrita originalmente por Jenkins (1964) e modificada por Daniels e Skipper (1982). Os tubos foram pesados, balanceados com água destilada e centrifugados a 3000 rpm por 5 minutos. Após, descartou-se cuidadosamente o sobrenadante com o auxílio de uma pipeta Pasteur e o precipitado do fundo do tubo foi

ressuspendido com solução de sacarose a 45%. Novamente os tubos foram pesados e balanceados com água destilada, e depois foram agitados e colocados na centrífuga a 3000 rpm por 15 segundos. Após a centrifugação, o líquido sobrenadante já com esporos foi inserido cuidadosamente na peneira de 0,053mm e lavado com água destilada para a remoção da sacarose. Por meio da pipeta de Pasteur, os esporos foram transferidos para um frasco de vidro previamente identificado e armazenado com água destilada na geladeira para a realização da próxima etapa.

Para a montagem das lâminas de microscopia os esporos de cada amostra foram fixados em caráter permanente com uma mistura de resina PVLG (álcool polivinílico lacto-glicerol) + reagente de Melzer, na proporção 1:1 (DE NOVAIS et al., 2017). O reagente teve a finalidade de realçar as paredes dos esporos que apresentavam reação hidrofóbica ao iodo, o que facilitou a distinção das camadas de paredes e a ornamentação dos esporos. A coloração adquirida pela parede do esporo na presença do reagente de Melzer depende da intensidade da reação, a qual, quando fraca produz coloração rosa-claro, quando moderada apresenta coloração castanho avermelhado e quando intensa roxo avermelhado (DE NOVAIS et al., 2017).

Na lupa os esporos de cada lâmina foram rompidos com o auxílio de uma agulha fazendo uma leve pressão sobre a lamínula a fim de ficar no formato de um C (ou como o “pac man”), expondo assim as paredes germinativas e facilitando a identificação (DE NOVAIS et al., 2017). Todas as lâminas foram mantidas em bandejas sob temperatura ambiente por uma semana, e em seguida foram seladas as lamínulas com esmalte incolor diluído em acetona (2 volumes de esmalte para 1 volume de acetona). As lâminas utilizadas neste estudo estão mantidas na coleção pessoal da pesquisadora, armazenada no LAMA.

Os esporos foram identificados de acordo com critérios morfológicos (SCHENCK; PÉREZ, 1990) e taxonômicos com o auxílio do banco de dados da Coleção Internacional de Fungos Micorrízicos Arbusculares e Vesiculares (MORTON, 2018) e da *University of Agriculture* em Szczecin, Polônia (BLASZKOWSKI, 2018). Para a listagem de espécies foi utilizada literatura brasileira descrita por Goto e Jobim (2019). Imagens de cada linhagem de esporo foram capturadas pelo microscópio binocular Nikon, modelo Eclipse E-100 com resolução final de 400X e registradas pelo software IS Capture acoplado ao microscópio. A determinação do número total de esporos das espécies encontradas de fungos micorrízicos foi realizada por meio da observação microscópica individual das lâminas (DE PAULA, 2016).

4.2.2 Análise da composição de FMA

Após a determinação das espécies das populações de cada amostragem, nos diferentes tempos, foram determinados os índices ecológicos relativos à Riqueza de espécies (RQ), Frequência absoluta (Fa), Frequência relativa (Fr), Densidade absoluta (Da) e Diversidade de Shannon-Wiener (H'). Utilizou-se as seguintes equações:

1^a) RQ = número de espécies/amostra (observadas em campo).

2^a) $Fa = u_i / u_t * 100$, onde u_i é o número de parcelas em que a i-ésima espécie aparece na unidade experimental por grupo (controle ou tratamento), e u_t é o número total de parcelas por grupo.

3^a) $Fr = Fa_i / \sum_{i=1}^n Fa_i$, ou seja, Fa_i é a frequência absoluta de determinada espécie, $\sum_{i=1}^n Fa_i$ é a somatória das frequências absolutas de todas as espécies.

4^a) $Da = n_i / A$, onde n_i é o número de glomerosporos em 50 gramas de solo (A).

5^a) $H' = - \sum p_i \times \log p_i$, sendo $p_i = n_i/N$, em que n_i é a densidade de esporos da espécie "i"; N é a densidade total de esporos na amostra. Este índice é muito empregado em estudos de comunidades de FMA pois confere um peso maior às espécies raras e, portanto, é considerado um índice apropriado para estudar os efeitos das perturbações antrópicas e ambientais sofridas na área de estudo (DOS SANTOS; CARRENHO, 2011; ODUM; BARRET, 2015).

4.2.3 Análise estatística dos dados

Para verificar se houve mudança na composição micorrízica do solo por meio do tratamento, inicialmente foi utilizado o *software* Past versão 3.22 de 2018, no qual os dados obtidos do número de esporos de amostras dependentes (Controle 1 *versus* Controle 2; Tratamento 1 *versus* Tratamento 2) dos dois períodos de amostragem foram submetidos ao Teste de Shapiro-Wilk com significância de 95% ($p < 0,05$). Como os dados não apresentaram uma distribuição normal, foram normalizados (log) e submetidos ao teste não-paramétrico Kruskal-Wallis do método ANOVA. Porém optou-se em utilizar o *software* R versão 3.6.0 de 2019 para comparar dados da riqueza de espécies, umidade gravimétrica e matéria orgânica das amostras dependentes por meio do teste t- pareado com significância de $p < 0,05$. Os dados obtidos da riqueza de espécies das duas amostragens foram submetidos a PERMANOVA a fim de representar a posição das comunidades nos diferentes grupos e tempos de amostragem.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE ESPÉCIES VEGETAIS

Ao monitorar a unidade experimental, observou-se que durante o período de implantação do tratamento (12/outubro/2017) até a segunda amostragem (12/julho/2018) houve o crescimento e desenvolvimento massivo da *Urochloa brizantha* em todas parcelas e não ocorreu germinação de plântulas de espécies vegetais arbustivas/arbóreas e de outras plantas infestantes, exceto a que já havia anteriormente na área.

De acordo com o Horowitz, Martins e Machado (2007), o gênero *Urochloa* é constituído de espécies exóticas invasoras que se proliferam e colonizam territórios, tornando dominantes no ambiente em que ocorrem. Uma maneira de conduzir a regeneração natural de áreas dominadas por *Urochloa* é eliminando a espécie por meio de gradagem seguida de aplicação de herbicida (ISERNHAGEN et al., 2009). Não só as plantas deste gênero, mas outros gêneros de plantas exóticas interagem negativamente com as nativas por competição interespecífica de recursos, ocupação de espaço, por crescimento em cobertura e por inibição química devido à liberação de substâncias tóxicas pelas raízes, folhas e sementes (HOROWITZ; MARTINS; MACHADO, 2007). Nesta disputa, a planta exótica é favorecida e pode causar efeito depressor sobre as nativas, excluindo-as do local, o que justifica a ausência de outras plantas nas parcelas.

5.2 ANÁLISE FÍSICA-QUÍMICA DAS AMOSTRAS INTEGRADAS DE SOLO

A análise granulométrica do solo foi realizada com a primeira amostra integrada da camada de 0-20cm de profundidade da unidade experimental por um laboratório externo, a fim de caracterizar as propriedades físicas desta unidade.

Como se pode verificar na Tabela 1, o solo é caracterizado como areno-argiloso com aumento de argila em profundidade o que denota um argissolo conforme Dos Santos et al., (2018).

Tabela 1: Análise granulométrica do solo da unidade experimental do sítio do Sol, município de Cabreúva, SP.

Atributo (método)	Valores (g/kg)
Argila (HMFS + NaOH)	292
Silte (HMFS + NaOH)	177
Areia Total (HMFS + NaOH)	531

Fonte: Elaborado pela autora.

O resultado da análise das propriedades químicas das duas amostras integradas (Tabela 2) foram interpretados de acordo com o Instituto Agrônomo de Campinas (RAIJ et al., 1997) e a Embrapa (SOBRAL et al., 2015), considerando o solo com cultura perene relativo a presença de *Urochloa*.

Tabela 2: Análise química das amostras integradas de solo nos dois períodos de amostragem: 10/2017 (1) e 07/2018 (2) na unidade experimental do sítio do Sol, Cabreúva, SP.

Atributo (método)	Unidades	Valores		Obs* **
		Amostra 1	Amostra 2	
Matéria orgânica (oxidação)	g/dm ⁻³	40	31	Solo argiloso*
pH (acidez ativa) - KCl	-	4,5	4,6	Presença de alumínio trocável **
Al ³⁺ (acidez trocável) - KCl	mmol _c /dm ⁻³	2	1	Baixo**
Fósforo (resina)	mg/dm ⁻³	16	13	Médio*
Cálcio (resina)	mmol _c /dm ⁻³	22	30	Alto*
Magnésio (resina)	mmol _c /dm ⁻³	8	11	Alto*
Potássio (resina)	mmol _c /dm ⁻³	4,7	3,4	Alto*
Capacidade de Troca Catiônica – CTC (SB+ (H+Al))	mmol _c /dm ⁻³	98,4	79,6	Presença de argila**
Ferro (DPTA)	mg/dm ⁻³	158	63	Alto*
Cobre (DPTA)	mg/dm ⁻³	1,4	1	Alto*
Zinco (DPTA)	mg/dm ⁻³	4,5	3,1	Alto*
Boro (água quente)	mg/dm ⁻³	0,26	1,05	Médio para alto*
Manganês (DPTA)	mg/dm ⁻³	13,0	11,6	Alto*

*Baseado no Boletim Técnico 100 - Raij et al. (1997).

** Baseado em Documentos 206 - Sobral et al. (2015).

Fonte: Elaborado pela autora.

Os valores detectados de matéria orgânica das duas amostras integradas de solo variaram entre 31 – 40 g/dm⁻³ e caracterizam um solo argiloso (RAIJ et al., 1997). O atributo Capacidade de Troca Catiônica (CTC) serve para constatar a presença de argila no solo (SOBRAL et al., 2015), além de ser um dado muito utilizado no manejo da adubação. Observou-se que ao aumentar o índice de matéria orgânica, aumentou também a CTC, ou seja, a matéria orgânica favorece a adsorção (retenção) de cátions no solo que poderão ser disponibilizados para as plantas (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008). Em contrapartida, se os valores de matéria orgânica estivessem muito acima de 60 g/dm⁻³ indicariam acúmulo de matéria orgânica no solo por condições localizadas (RAIJ et al., 1997). Porém os valores da segunda amostra (31 g/dm⁻³) revelaram uma diminuição de matéria orgânica, em relação a

primeira amostra (40 g/dm^{-3}), compreendendo então que pode ter havido a decomposição da matéria orgânica, considerando o incremento recebido pelas parcelas com tratamento.

A acidez ativa do solo é a concentração hidrogeniônica em solução quantificada em uma escala de 0 a 14. Nos resultados das amostras, o pH variou de 4,5 a 4,6 o que indica um solo com a presença de alumínio trocável (SOBRAL et al., 2015). Há uma baixa quantidade ($1 \text{ e } 2 \text{ mmol/dm}^{-3}$) de alumínio trocável nas amostras; a presença de alumínio em si no solo pode influenciar na disponibilidade de outros nutrientes e no processo de mineralização da matéria orgânica, além de inibir o crescimento radicular (SOBRAL et al., 2015).

Ao analisar o teor de fósforo observou-se uma redução de 16 para 13 mg/dm^{-3} de uma amostragem para a outra o que equivale a uma diferença de 3 mg/dm^{-3} de fósforo entre as amostragens. Relacionando este resultado com a presença de *U. brizantha* no solo, além de ser boa hospedeira de FMA, possui uma alta taxa fotossintética e elevada demanda de fósforo nos estágios iniciais de desenvolvimento o que permite inferir sobre a redução de fósforo nesta pesquisa (SMITH; GIANINAZZI-PEARSON, 1988; CARRENHO et al., 2010).

Outra compreensão da redução, se complementa por Quesada et al. (2010) ao analisarem amostras de solo de seis países da América do Sul, inclusive o Brasil, apontaram que o fósforo total pode declinar devido à perda de fósforo orgânico e inorgânico dissolvido, processos de intemperismo que causam a lixiviação ou redução da massa do solo, além da oclusão permanente dos minerais do solo.

As concentrações dos macronutrientes: cálcio, magnésio e potássio foram altas em ambas amostragens (RAIJ et al., 1997). Para o solo, este alto teor de potássio indica a presença de minerais primários e pouco intemperismo, o que é comum em solos de regiões mais secas (SOBRAL et al., 2015). Em relação a influência destes elementos na esporulação não se tem relatos, mas menciona-se que a espécie de capim gordura na presença de micorrizas aumenta a absorção de cálcio, magnésio e potássio (CALDEIRA; CHAVES; ZAMBOLIM, 1983) e a *B. brizantha* quando submetida a inoculação de FMA do gênero *Glomus*, amplia sua absorção de potássio e magnésio (COSTA et al., 2012).

Os resultados dos micronutrientes apontaram teores elevados para ferro, cobre e zinco e teores de médio ($0,26 \text{ mg/dm}^{-3}$) a alto ($1,05 \text{ mg/dm}^{-3}$) para o elemento boro, embora este último não pareça ser requerido por fungos de maneira geral (KIRKBY; RÖMHELD, 2007). O zinco em especial é um micronutriente que é absorvido pelas micorrizas arbusculares (KOTHARI; MARSCHNER; ROMHELD, 1991), o que pode ter influenciado na redução de $4,5$ para $3,1 \text{ mg/dm}^{-3}$ do teor total encontrado nas amostras do segundo período.

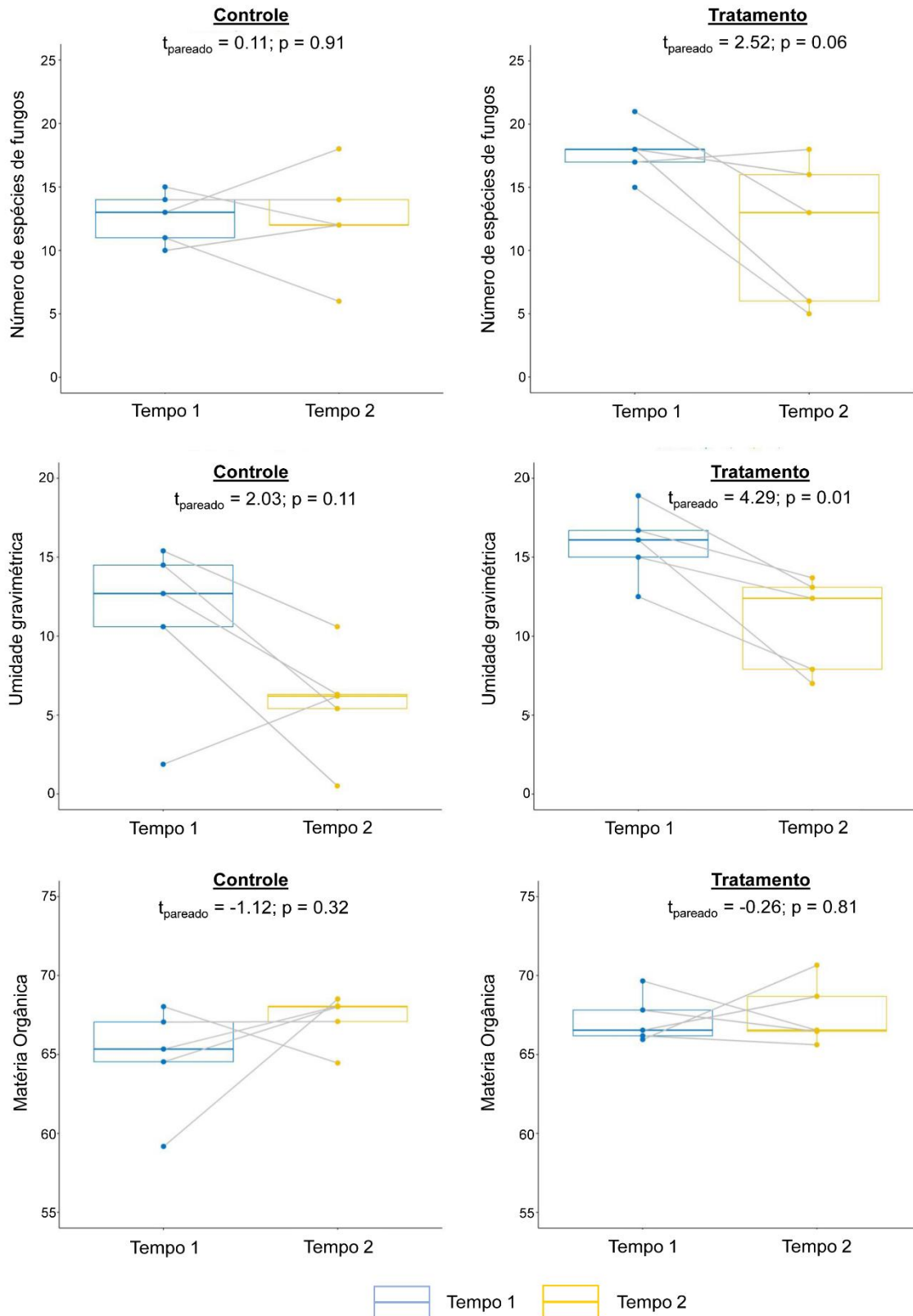
Alguns autores já realizaram estudos comparando a relação entre plantas micorrizadas e não micorrizadas em função do aumento ou diminuição da absorção de zinco e cobre presentes no solo (KOTHARI; MARSCHNER; ROMHELD, 1991; SHARMA; SRIVASTAVA, 1991). Kothari et al. (1991) observaram em raízes e folhas de milho (*Zea mays* L.) concentrações maiores de zinco após a inoculação micorrízica de *Glomus mosseae* (T.H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe, assim como um aumento na concentração de cobre apenas nas raízes, evidenciando uma redução destes elementos no solo conforme são absorvidos pelo fungo e transportados para as plantas. Sharma e Srivastava (1991) ao conduzirem um experimento com plantas de feijão-mungo-verde (*Vigna radiata* L.) inoculadas com *Glomus macrocarpum* (Tul. & C. Tul.) em diferentes tipos de solo (argiloso e arenoso) verificaram um aumento na produção de massa seca total e um aumento na absorção de zinco, diminuindo a disponibilidade no solo.

O teor de manganês foi considerado alto (SOBRAL et al., 2015); Cardoso, Navarro e Nogueira (2002) observaram em um cultivo *in vitro*, uma diminuição da germinação relativa dos esporos de FMA com o aumento das doses de manganês no meio de cultivo, porém consideraram os teores de 15, 30 e 75 mg/dm³, com perdas do potencial germinativo médio de 32, 49 e 75 % respectivamente. Ao comparar as duas amostras deste estudo, houve um decréscimo do elemento manganês na estação seca assim como em um estudo realizado por Bezerra (2017) e um decréscimo também para o alumínio mantendo-se ainda em valores que não influenciam na esporulação. Cardoso e Kuyper (2006) relataram o aumento da captação destes mesmos elementos por fungos micorrízicos arbusculares associadas a plantas proporcionando uma redução no solo e até mesmo, uma redução no teor de toxicidade do solo em relação às plantas. Enfim, os resultados das amostras integradas de solo da unidade experimental condizem com a presença de fungos micorrízicos arbusculares ao longo de toda a pesquisa.

5.3 ANÁLISE FÍSICA-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS AMOSTRAS INDIVIDUAIS DE SOLO

Ao comparar as porcentagens de umidade gravimétrica (Figura 4) das amostras coletadas das dez parcelas de solo relativas aos dois períodos de amostragem, o grupo controle não apresentou diferença significativa ($p=0,11$) entre as amostras, enquanto que o grupo tratamento exibiu uma diferença significativa ($p=0,01$) entre os períodos de amostragem; esta diferença pode estar relacionada indiretamente com a presença de folheto.

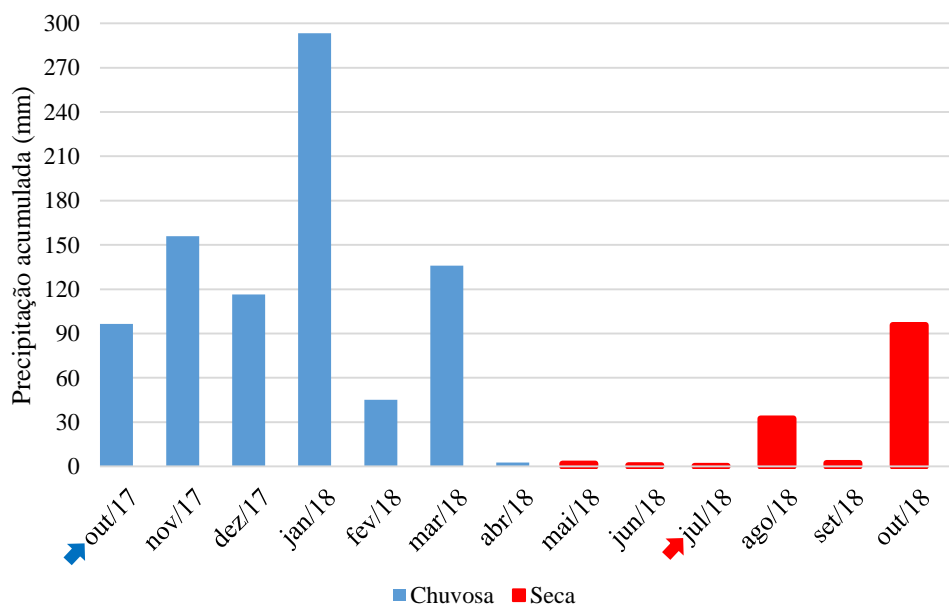
Figura 5: Teste t-pareado da riqueza de espécies de FMAs, porcentagens de umidade gravimétrica e matéria orgânica das amostras individuais de solo nos dois períodos de amostragem: 10/2017 (1) e 07/2018 (2) na unidade experimental do sítio do Sol, Cabreúva, SP.



Fonte: Elaborado pela autora.

De maneira geral, observou-se que os dois grupos obtiveram uma redução na média da umidade gravimétrica (Figura 4) das parcelas de um período para o outro. Este dado pode ser constatado no Gráfico 1, onde a primeira coleta de solo foi realizada em uma estação chuvosa com precipitação mensal para o município de 96,5 mm e a segunda coleta ocorreu em uma estação seca, com precipitação mensal de 0,3 mm.

Gráfico 1: Precipitação acumulada (mm) por mês durante as estações chuvosa e seca, entre outubro de 2017 a outubro de 2018 no município de Cabreúva, SP.



Fonte: Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (2019).

Confrontando os dados da porcentagem de umidade gravimétrica com a riqueza de espécies do grupo tratamento (Figura 4), verificou que conforme diminuiu a umidade de todas as parcelas, reduziu a riqueza de espécies em quatro das cinco parcelas, logo, assume-se que a diferença ($p=0,06$) encontrada entre as espécies de um período para o outro é significativa.

Além de a umidade ter influenciado na queda da riqueza de espécies deste grupo, outros elementos não descritos neste estudo podem ter contribuído com este resultado. A ampla variedade de nichos e oportunidades em áreas severamente degradadas também contribui com a maior riqueza de espécies de FMA no início da sucessão vegetal, de acordo com uma pesquisa realizada em áreas florestais de diversos estágios sucessionais no município de Alcântara – MA (REYES et al., 2019). Entretanto, a redução na riqueza de FMA ao longo do tempo no grupo tratamento pode estar relacionada a uma menor competição de nichos entre os fungos, maior

estabilidade populacional no ambiente e predomínio de espécies estrategistas k, com baixa esporulação em determinado momento e melhor desempenho para sobrevivência competitiva assim como citado por PEREIRA et al. (2014).

Por outro lado, actinomicetos (ST. JOHN; COLEMAN; REID, 1983) presentes no solo ou transportados junto do folheto, poderiam ter contribuído com a inibição de outros microrganismos (FMA) bem como foi relatado por Nicolson (1959) em fragmentos de campo com matéria orgânica antiga, onde não houve forte colonização de hifas de FMA por causa da competição microbiana. Porém em um estudo realizado com várias linhagens de actinomicetos para investigar as interações com fungos micorrízicos arbusculares *in vitro* e *in vivo*, verificou-se que a co-inoculação de actinomicetos e *Glomus mosseae* promoveu o desenvolvimento do micélio fúngico (FRANCO-CORREA et al., 2010). Entende-se que espécies de actinomicetos como por exemplo *Rhodococcus* sp. e *Streptomyces* sp. são auxiliadoras de micorrização, ou seja, aumentam o desenvolvimento da simbiose e ambos os microrganismos (bactérias e fungos) aumentam a aquisição de nitrogênio e o crescimento das plantas hospedeiras (SOLANS et al., 2016).

As porcentagens de matéria orgânica (Figura 4) dos dois grupos não apresentaram diferenças significativas em nenhum dos períodos amostrados, com valores de $p=0,32$ (controle) e $p=0,81$ (tratamento). A matéria orgânica presente no solo pode ter contribuído com o crescimento fúngico pois eles utilizam as partículas orgânicas como fonte de energia, porém o carbono presente nos fungos micorrízicos arbusculares é oriundo da planta hospedeira cuja simbiose é estabelecida (ST. JOHN; COLEMAN; REID, 1983; ALLEN et al., 2003).

A quantidade de folheto transposta nas parcelas “tratamento” não foi suficiente para promover uma diferença significativa na porcentagem total de matéria orgânica entre as amostragens; ventos fortes foram observados no mês de novembro de 2017 na região da unidade experimental o que pode ter contribuído com a remoção parcial do folheto.

5.4 DIVERSIDADE DE FMA

Incluindo os dois períodos de amostragem, registrou-se a ocorrência de 27 espécies (Tabela 3), distribuídas em oito gêneros: *Pacispora* (1 espécie), *Diversispora* (1), *Funneliformis* (1), *Archaeospora* (2), *Scutellospora* (3), *Dentiscutata* (4), *Acaulospora* (5) e *Glomus* (10), pertencentes a 6 famílias (Acaulosporaceae, Archaeosporaceae, Dentiscutataceae, Diversisporaceae, Glomeraceae, Scutellosporaceae).

Tabela 3: Fungos Micorrízicos Arbusculares, frequência absoluta (Fa) e frequência relativa (Fr) das espécies de FMA, resgatadas nos dois períodos de amostragem: 10/2017 (1) e 07/2018 (2), na unidade experimental do sítio do Sol, Cabreúva, SP.

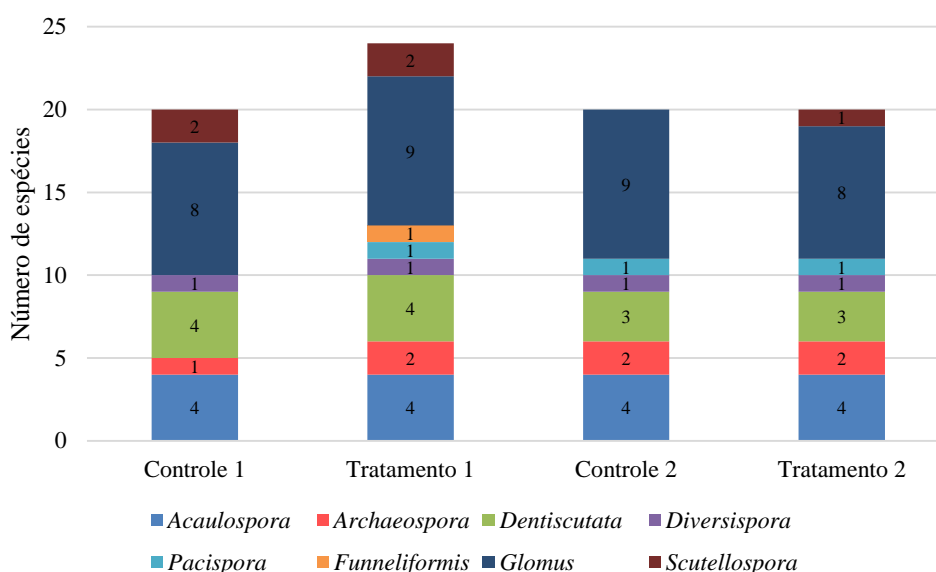
Nº	FAMÍLIA/ESPÉCIE	Controle	Tratamento	Controle	Tratamento
		1	1	2	2
Frequências (%): Fa (Fr)					
Acaulosporaceae J.B Morton & Benny					
1	<i>Acaulospora alpina</i> Oehl, Sykorova & Sieverd	0 (0,00)	0 (0,00)	100 (8,06)	100 (8,62)
2	<i>Acaulospora capsicula</i> Blaszk.	20 (1,59)	100 (5,62)	0 (0,00)	0 (0,00)
3	<i>Acaulospora gedanensis</i> Blaszk.	100 (7,94)	100 (5,62)	100 (8,06)	100 (8,62)
4	<i>Acaulospora</i> sp. 1	80 (6,35)	100 (5,62)	100 (8,06)	100 (8,62)
5	<i>Acaulospora</i> sp. 2	40 (3,17)	80 (4,49)	20 (1,61)	20 (1,72)
Archaeosporaceae J.B. Morton & D. Redecker					
6	<i>Archaeospora</i> sp. 1	0 (0,00)	20 (1,12)	20 (1,61)	40 (3,45)
7	<i>Archaeospora trappei</i> (R.N. Ames & Linderman) J.B.Morton & D.Redecker	80 (6,35)	100 (5,62)	80 (6,45)	80 (6,90)
Dentiscutataceae Sieverd., F.A. Souza & Oehl					
8	<i>Dentiscutata erythropus</i> (Koske & C. Walker) C. Walker & D. Redecke	20 (1,59)	40 (2,25)	40 (3,23)	60 (5,17)
9	<i>Dentiscutata nigra</i> (J.F. Readhead) Sieverd., F.A. de Souza & Oehl	100 (7,94)	100 (5,62)	100 (8,06)	100 (8,62)
10	<i>Dentiscutata reticulata</i> (Koske, D.D. Mill. & C. Walker) Sieverd., F.A. Souza & Oehl	100 (7,94)	100 (5,62)	60 (4,84)	40 (3,45)
11	<i>Dentiscutata</i> sp. 1	20 (1,59)	60 (3,37)	0 (0,00)	0 (0,00)
Diversisporaceae C. Walker & A. Schüssler emend. Oehl, G.A. Silva & Sieverd.					
12	<i>Diversispora</i> sp. 1	80 (6,35)	80 (4,49)	40 (3,23)	60 (5,17)
13	<i>Pacispora</i> sp. 1	0 (0,00)	20 (1,12)	20 (1,61)	40 (3,45)
Glomeraceae Piroz. & Dalpé emend. Oehl, G.A. Silva & Sieverd.					
14	<i>Funneliformis geosporum</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler	0 (0,00)	40 (2,25)	0 (0,00)	0 (0,00)
15	<i>Glomus aggregatum</i> N.C. Schenck & G.S. Sm. emend. Koske	0 (0,00)	0 (0,00)	40 (3,23)	20 (1,72)
16	<i>Glomus geosporum</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C.Walker	80 (6,35)	100 (5,62)	40 (3,23)	20 (1,72)
17	<i>Glomus glomerulatum</i> Sieverd.	100 (7,94)	100 (5,62)	60 (4,84)	60 (5,17)
18	<i>Glomus heterosporum</i> G.S.Sm. & N.C. Schenck	0 (0,00)	60 (3,37)	40 (3,23)	40 (3,45)
19	<i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & C. Tul.	100 (7,94)	100 (5,62)	80 (6,45)	60 (5,17)
20	<i>Glomus rubiforme</i> (Gerd. & Trappe) R.T. Almeida & N.C. Schenck	20 (1,59)	40 (2,25)	0 (0,00)	0 (0,00)
21	<i>Glomus</i> sp. 1	100 (7,94)	100 (5,62)	100 (8,06)	100 (8,62)
22	<i>Glomus</i> sp. 2	100 (7,94)	100 (5,62)	100 (8,06)	60 (5,17)
23	<i>Glomus</i> sp. 3	40 (3,17)	40 (2,25)	40 (3,23)	0 (0,00)
24	<i>Glomus</i> sp. 4	20 (1,59)	60 (3,37)	60 (4,84)	20 (1,72)
Scutellosporaceae Sieverd., F.A. Souza & Oehl					
25	<i>Scutellospora</i> sp. 1	40 (3,17)	100 (5,62)	0 (0,00)	40 (3,45)
26	<i>Scutellospora</i> sp. 2	0 (0,00)	40 (2,25)	0 (0,00)	0 (0,00)
27	<i>Scutellospora</i> sp. 3	20 (1,59)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)

Fonte: Elaborado pela autora.

Das ordens encontradas: Archaeosporales, Diversisporales, Gigasporales e Glomerales todas são de ocorrência de Mata Atlântica (GOTO; JOBIM, 2017), com predominância de Glomerales (41%) e Diversisporales (28%).

O gênero *Glomus* apresentou a maior riqueza de espécies tanto no grupo controle como no tratamento nos dois períodos de amostragem (Gráfico 2). Em segundo lugar está o *Acaulospora* e em terceiro, o *Dentiscutata*; estes gêneros também foram os mais ricos em outros trabalhos realizados em áreas impactadas da zona tropical (DE MIRANDA; DA SILVA; SAGGIN JUNIOR, 2010; DOS SANTOS; CARRENHO, 2011; CARNEIRO et al., 2012; BEZERRA; DE MELLO, 2015; REYES et al., 2019).

Gráfico 2: Número total de espécies de FMA segundo agrupamento taxonômico, no nível de gênero, identificadas nos dois períodos de amostragem: 10/2017 (1) e 07/2018 (2) na unidade experimental do sítio do Sol, Cabreúva, SP.



Fonte: Elaborado pela autora.

De todos os gêneros identificados, o *Glomus* também foi dominante em áreas de diferentes usos, inclusive de Mata Atlântica (PEREIRA et al., 2014), em sistemas agroflorestais (BEZERRA; DE MELLO, 2015), em fragmentos florestais de restinga (CAMARA et al., 2016), na Amazônia (REYES et al., 2019) e em outros ecossistemas brasileiros (DA SILVA et al., 2014). Neste estudo constatou-se uma adaptação deste gênero para área perturbada com pH do solo entre 4,5 e 4,6, conforme apontado anteriormente por Borba e De Amorim (2007) ao verificarem uma dominância de *Glomus* em duas áreas também perturbadas de pH 4,5 e 4,8. Sua alta frequência tanto no período chuvoso quanto no período seco, indicam maior capacidade

de esporulação e adaptabilidade às condições do solo (CAPRONI et al., 2003). O segundo gênero, *Acaulospora*, de maior riqueza e frequência absoluta se adaptou melhor em áreas de pH entre 4,4 a 5,0 conforme constatado por Da Silva et al. (2006), assim como também estava adaptado para o solo da unidade experimental.

Porém baseado em identificações morfológicas e moleculares, ambos os gêneros não são restritos às condições edáficas da unidade experimental e ao clima brasileiro, possuem uma vasta distribuição sendo encontrados nos sete continentes: América do Norte, América do Sul, África, Europa, Ásia, Antártica e Oceania, e nas quatro zonas climáticas: tropical, subtropical, temperado, boreal/austral (STÜRMER; BEVER; MORTON, 2018). *Glomus* e *Acaulospora* são os gêneros de maior riqueza de espécies a nível mundial, com 54 e 52 espécies respectivamente, descritas no clado Glomeromycota (DA SILVA et al., 2014; GOTO; JOBIM, 2019). O gênero *Dentiscutata* possui um número menor de espécies (n=9) e não ocorre na Antártica (GOTO; JOBIM, 2019; STÜRMER; BEVER; MORTON, 2018).

Os gêneros *Glomus*, *Scutellospora*, *Dentiscutata*, *Acaulospora* e *Funneliformis* podem ser utilizados na agricultura pois são considerados os principais associados às culturas agrícolas (DE SOUZA; SCHLEMPER; STÜRMER, 2017).

As espécies *Dentiscutata erythropus*, *Dentiscutata reticulata*, *Glomus aggregatum*, *Glomus heterosporum*, *Glomus macrocarpum*, *Funneliformis geosporum*, *Archaeospora trappei* são encontrados em quatro ou mais continentes e considerados de distribuição cosmopolita (STÜRMER; BEVER; MORTON, 2018).

A. alpina, *A. capsicula*, *A. gedanensis*, *D. erythropus*, *D. reticulata*, *F. geosporum* e *G. glomerulatum* ainda não foram descritas no estado de São Paulo. As demais espécies: *A. trappei*, *D. nigra*, *G. aggregatum*, *G. geosporum*, *G. heterosporum*, *G. macrocarpum* e *G. rubiforme* já foram registradas para o estado de São Paulo (SOUZA et al., 2010).

Considerando todas as espécies identificadas (n=27), 14 ocorreram em todos os grupos nos dois períodos de amostragem. As espécies *Acaulospora alpina* e *Glomus aggregatum* não ocorreram no primeiro período (Tabela 3), o que sugere uma propensão à esporulação na estação seca.

A riqueza total de espécies teve uma tendência a redução de seis espécies (número 2, 11, 14, 20, 26 e 27 entre os períodos de amostragem (Tabela 3). Essa tendência provavelmente se explica pela inatividade de esporulação na estação seca, mesmo assim, como o número de parcelas amostrais foi pequeno acredita-se que um número maior de parcelas poderia fortalecer este padrão encontrado.

Como se pode verificar na Tabela 3, as espécies *A. gedanensis*, *Acaulospora* sp. 1, *A. trappei*, *D. nigra*, *D. reticulata*, *Diversispora* sp. 1, *G. glomerulatum*, *G. macrocarpum*, *Glomus* sp. 1 e *G.* sp. 2 apresentaram frequências absolutas variando de 40% a 100% em todos os grupos, nos dois períodos de amostragem, sendo as espécies *A. gedanensis*, *D. nigra* e *G.* sp. 1 de maiores frequências nos dois períodos, ou seja, apareceram em 100% das amostras. Em especial, *G. macrocarpum* parece ter uma afinidade com gramíneas (DE MIRANDA; DA SILVA; SAGGIN JUNIOR, 2010), isto é corroborado neste estudo, pois a espécie é dominante na área de *B. brizantha* nas estações chuvosa e seca.

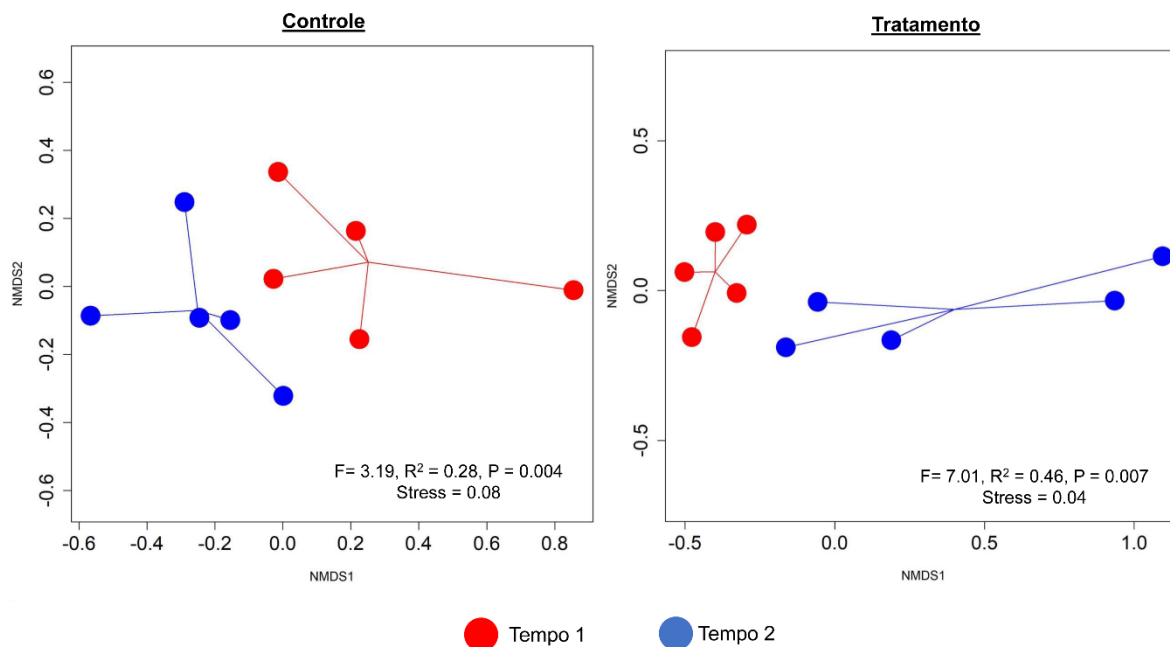
Observou-se que as espécies *A. capsicula*, *Dentiscutata* sp. 1 e *G. rubiforme* foram encontradas apenas no período chuvoso (amostragem I) nos grupos controle e tratamento. As duas primeiras espécies também foram relatadas no mesmo período em diversos ecossistemas: mata nativa, pastagem e cerrado no município de Guajará-Mirim/RO (CAPRONI et al., 2017). De acordo com uma pesquisa realizada por De Miranda, Da Silva e Saggin Junior (2010) no estado do Acre, *G. rubiforme* não ocorreu na estação chuvosa de uma área com *B. brizantha*, mas foi encontrada na estação seca com capim-mombaça (*Panicum maximum* Hochst. ex A. Rich.), o que reforça sua presença em áreas de gramíneas.

Já as espécies *A. alpina* e *G. aggregatum* foram encontradas em ambos os grupos apenas no período seco (amostragem II), provavelmente porque esporulam apenas no tempo frio e seco. Anteriormente, Soterias et al. (2014) apresentaram dados divergentes com os apresentados nesta pesquisa pois registraram *A. alpina* em ambas as estações em duas áreas florestais degradadas na Argentina (Los Gigantes e Santa Clara). Para *G. aggregatum* não foram encontradas pesquisas relacionadas às diferentes estações.

Verificou-se na primeira amostragem a ocorrência de *Funneliformis geosporum* e *Scutellospora* sp. 2 exclusivas para o grupo tratamento e *Scutellospora* sp. 3 apenas no grupo controle. Outros pesquisadores também constataram a primeira espécie exclusivamente na estação chuvosa de duas áreas de florestas degradadas da Argentina (SOTERAS et al., 2014), assim como ocorreu uma espécie não identificada do gênero *Scutellospora* para esta mesma estação em uma área caracterizada com nível de perturbação elevada no semiárido brasileiro (BEZERRA, 2017).

Com base na análise de PERMANOVA (Figura 5), as comunidades de FMAs apresentaram diferenças significativas na composição de espécies entre o tempo 1 (estação chuvosa) e 2 (estação seca), tanto no grupo controle (F=3,19; P=0,004) como no tratamento (F=7,01; P=0,007).

Figura 6: Ordens de escalonamento multidimensional não-paramétrico (NMDS) da composição das espécies de FMA, resgatadas nos dois períodos de amostragem: 10/2017 (1) e 07/2018 (2), nas dez parcelas da unidade experimental do sítio do Sol, Cabreúva, SP.



Fonte: Elaborado pela autora.

A composição do grupo controle foi diferente entre as estações, mas a distância entre os pontos é semelhante. Já a composição do tratamento diferiu mais entre os períodos, as espécies na estação chuvosa estavam mais próximas e na estação seca mais espaçadas. Esta dissimilaridade não está relacionada com o tratamento recebido (matéria orgânica), provavelmente está associada com a umidade gravimétrica e a sazonalidade nos diferentes tempos de amostragem.

De acordo com Stürmer; Bever e Morton (2018) a maioria das espécies do clado Glomeromycota estão indistintamente presentes entre zonas climáticas mas diferem na frequência com que elas são detectadas em pesquisas de campo. A dispersão dessas espécies influencia na faixa de distribuição, mas uma vez instaladas em um determinado ambiente, os fatores edáficos e climáticos locais influenciam na distribuição local das espécies.

Estudos que visam conhecer a diversidade de FMAs em solo perturbado com porcentagens de umidade gravimétrica e matéria orgânica diferentes ao longo do ano podem direcionar o entendimento sobre as espécies mais condicionadas a estas variantes.

5.5 DENSIDADE DE ESPOROS

Considerando o primeiro período de amostragem, o valor médio de glomerosporos contabilizados em cinco extrações de 50 gramas de solo, totalizando 250g/grupo foi de 678 para o grupo controle e 796 para o grupo tratamento. No segundo período de amostragem, os valores encontrados para os grupos controle e tratamento foram de 541 e 466 esporos, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4: Média da densidade absoluta (DA) de glomerosporos por gênero de FMAs resgatados nos dois períodos de amostragem: 10/2017 (1) e 07/2018 (2), na unidade experimental do sítio do Sol, Cabreúva, SP.

Gêneros	Controle 1	Tratamento 1	Controle 2	Tratamento 2
	<i>Estação chuvosa</i>		<i>Estação seca</i>	
<i>Acaulospora</i>	47,9	31,5	115,4	127,6
<i>Archaeospora</i>	12,0	8,6	7,2	16,5
<i>Dentiscutata</i>	284,4	264,0	182,7	123,0
<i>Diversispora</i>	1,6	5,1	1,7	3,6
<i>Pacispora</i>	0,0	0,1	0,3	1,3
<i>Funneliformis</i>	0,0	0,5	0,0	0,0
<i>Glomus</i>	331,1	485,1	233,5	193,7
<i>Scutellospora</i>	1,0	1,1	0,0	0,2
Total de esporos	678	796	541	466

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota-se que houve uma redução do número de esporos entre os períodos de amostragem tanto no grupo controle (20,2%) como no tratamento (41,4%). As condições físicas e químicas do solo nos dois períodos de amostragem são compatíveis com a presença dos esporos, pois nenhum dos parâmetros analisados (Tabelas 1 e 2) tem característica limitante para estes organismos. Pressupõe-se que os actinomicetos podem estar indiretamente relacionados com a inibição da esporulação; Franco-Correa et al. (2010) relataram inibição da germinação de esporos de *Glomus mosseae* pela linhagem *Thermobifida* MCR24.

Outro elemento responsável pela redução do número de esporos e perda da riqueza de espécies pode ter sido a presença da *Urochloa brizantha* em toda a unidade experimental assim como relatado por Scabora (2011) numa área de cerrado degradado em processo de revegetação. As espécies de gramíneas deste gênero acumulam em seus tecidos e/ou exsudam compostos secundários no solo tais como as saponinas que atuam como uma substância fungistática

(WINA; MUETZEL; BECKER, 2005; SCABORA, 2011). A ação dos metabólitos secundários de gramíneas na comunidade fúngica do solo ainda é pouco estudada.

Os maiores índices de diversidade calculados a partir da média do número de esporos foram verificados nos grupos controle ($H'=1,82$) e tratamento ($H'=1,75$) da estação seca, sendo os valores menores obtidos na estação chuvosa para os grupos controle ($H'= 1,38$) e tratamento ($H'= 1,42$). Para este índice quanto maior o valor, maior é a diversidade (ODUM; BARRET, 2015), levando em consideração que geralmente os valores encontrados variam entre 1,5 e 3,5 e raramente maiores que 4,5 (MARGALEF, 1972 apud PEREIRA, 2013). Constatou-se um aumento da diversidade (H') de glomerosporos do primeiro período de amostragem (estação chuvosa) para o segundo período (estação seca) em um ou dois grupos pareados dos gêneros *Acaulospora*, *Pacispora*, *Archaeospora* e *Diversispora*, mas mesmo assim, ainda foi considerada baixa a diversidade de espécies.

Comparando a frequência absoluta (Tabela 3) com a média do número de glomerosporos de cada espécie (dados não apresentados), observou-se que as espécies *A. gedanensis*, *D. nigra* e *Glomus* sp. 1 apresentarem alta dominância pois foram as que mais produziram esporos com médias de 151, 145 e 84 esporos respectivamente, na estação seca.

Ao confrontar a redução das seis espécies anteriormente citadas com a densidade de esporos destas mesmas espécies entre os períodos de amostragem, verificou-se que a quantidade de esporos não foi expressiva a ponto de influenciar na redução da densidade total de esporos entre as estações, portanto este achado está diretamente relacionado com a estação seca.

A influência da época do ano sobre a ocorrência de glomerosporos não está bem elucidada na literatura. Há registros de maior ocorrência do número de glomerosporos tanto na estação seca (DA SILVA et al., 2006; BONFIM, 2011; BONFIM et al., 2013; NOGUEIRA et al., 2016) como na chuvosa (CUI; NOBEL, 1992; AIDAR et al., 2004; MOREIRA et al., 2006; BONFIM et al., 2013; REYES et al., 2019). Estas diferenças de esporulação podem estar relacionadas com a umidade e a temperatura do solo (ENTRY et al., 2002), a intensidade e a duração do comprimento do dia (BONFIM, 2011), a diversidade e fenologia das plantas locais e a característica genética de uma espécie micorrízica esporular mais que a outra ou até mesmo esporular em períodos específicos do ano (MOREIRA et al., 2006), assim como podem refletir diferenças na taxa de crescimento de populações fúngicas ou até mesmo na alocação de recursos para esporulação em relação à hifa de extensão (BEVER et al., 1996). Dessa maneira as plantas hospedeiras e os fungos micorrízicos arbusculares podem apresentar diferentes estratégias de sobrevivência em cada estação do ano.

Na estação seca como os recursos do meio são mais restritos e a umidade é menor, é favorecida a formação de esporos, estruturas de resistência (DE MIRANDA; DA SILVA; SAGGIN JUNIOR, 2010). Ao comparar a redução do número de esporos na estação seca (Tabela 4) com a média da porcentagem de umidade gravimétrica (Figura 4) que também sofreu redução nos dois períodos para os mesmos grupos, constata-se que a redução da umidade gravimétrica do solo e a estação seca não influenciaram no aumento de propágulos (esporos) contradizendo com De Miranda, Da Silva e Saggin Junior (2010).

Porém esta redução de glomerosporos corrobora com o achado de Reyes et al. (2019) que verificaram uma diminuição da densidade total de esporos na estação seca de uma floresta tropical em estágio sucessional avançado. Se na floresta madura a densidade de glomerosporos é menor na estação seca devido à redução do estresse hídrico (REYES et al., 2019), neste estudo apesar de a umidade gravimétrica ter diminuído entre as amostragens, ela foi significativa ($p=0,01$) no grupo tratamento. Considerando que neste grupo houve domínio de *Urochloa brizantha* e deposição de folhedo com valor não significativo ($p=0,81$); mesmo estando na estação seca pode-se inferir que a espécie de gramínea está correlacionada com a redução do estresse hídrico o que levou a uma menor esporulação (diferença média de 330 esporos) e também pode ter alterado a dinâmica das espécies ao longo do tempo.

Mesmo que uma espécie de fungo seja significativa na comunidade “vegetativa”, os períodos sazonais de amostragem e o ambiente local influenciam na capacidade de produzir esporos, assim como o estudo de esporos recuperados de amostras do solo podem não refletir com precisão a comunidade desses fungos, pois algumas espécies possuem “dormência” de esporos em algumas épocas do ano (DOUDS; MILLNER, 1999), apresentando apenas na forma de hifas.

Apesar da gramínea supostamente ter influenciado na esporulação, é possível que a não formação de esporos tenha mascarado a análise do número de esporos de todas as parcelas, assim como na pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2001) em uma época chuvosa do ano. Para elucidar melhor a relação entre a fisiologia das espécies resgatadas (esporulação), com a umidade gravimétrica e a sazonalidade da unidade experimental é necessário um número maior de amostragens durante o ano, contemplando todas as estações.

6. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos conclui-se que a transposição do segundo sub-horizonte orgânico de serapilheira não aumentou a riqueza de espécies de fungos micorrízicos arbusculares e não facilitou a colonização de espécies vegetais na área perturbada em processo de restauração ambiental.

A riqueza de espécies de fungos micorrízicos arbusculares na estação seca do grupo tratamento pode ter sido influenciada pela umidade gravimétrica e pela presença de *Urochloa brizantha*.

A presença de gramínea contribuiu com a redução do estresse hídrico do solo na estação seca e supostamente influenciou na redução da densidade de glomerosporos durante a segunda amostragem.

A *U. brizantha* foi uma espécie dominante que impediu a colonização e crescimento de outras espécies vegetais em todas as parcelas, controle e tratamento. Para a recomposição de uma área perturbada é imprescindível a remoção total desta gramínea, porém a técnica manual ou mecanizada de retirada poderá modificar a estrutura física e microbiológica do solo e a técnica química, além de contaminar o solo, poderá afetar o ciclo de vida dos microrganismos, portanto é necessário desenvolver uma técnica que impacte minimamente a estrutura e composição do solo.

Além dos atributos que foram analisados é preciso entender melhor a diversidade e a dinâmica dos FMAs utilizando áreas amostrais maiores, amostragens de diversas profundidades do solo em todas as estações do ano a fim de desenvolver ou aperfeiçoar a técnica de nucleação com serapilheira, relacionada aos fungos endomicorrízicos, em áreas perturbadas ou degradadas de acordo com a pedologia local.

A partir do exposto, na busca em melhorar as boas práticas agrícolas, conservar a qualidade e saúde do solo e principalmente reduzir o uso de insumos químicos a base de fósforo utilizados no crescimento das culturas vegetais, os gêneros encontrados nesta pesquisa podem ser utilizados em culturas agrícolas do município.

PERSPECTIVA FUTURA

Uma vez que é conhecida a diversidade de espécies de FMA do local, uma boa alternativa seria coletar novas amostras de solo da área estudada no município de Cabreúva-SP e isolar os glomerosporos das espécies e/ou gêneros de importância para a agricultura. Também é válido conhecer a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares nos fragmentos florestais do município e utilizá-los em áreas de restauração.

O nível taxonômico das espécies poderá ser realizado por meio de técnicas moleculares baseadas em PCR - reação em cadeia da polimerase (DE NOVAIS et al., 2017). A vantagem da técnica molecular é impedir variações fenotípicas à ação do ambiente, ao estágio de desenvolvimento que podem afetar a morfologia do organismo (SOUZA et al., 2010). Uma maneira de obter glomerosporos saudáveis e em grandes quantidades é por meio de culturas armadilhas utilizando o solo de campo, areia estéril e sementes de *Urochloa spp.* (CICG, 2019).

Após o isolamento dos esporos, pode-se realizar a multiplicação destes esporos através de um banco de inóculo e produzir um inoculante semelhante a metodologia utilizada no trabalho de Bezerra e De Mello (2015). De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1980), o inoculante é uma substância que contém microrganismos que atuam a favor do desenvolvimento dos vegetais. É possível produzir um inoculante micorrízico de qualidade na propriedade rural pela técnica de cultivo *on farm*, utilizando como inóculo o solo coletado no próprio estabelecimento rural. É considerada uma técnica de fácil execução, particularmente para os agricultores orgânicos que já estão aptos a produzir compostos na própria fazenda (DE SOUZA, SCHLEMPER, STÜRMER, 2017).

A inoculação de FMA têm possibilitado o aumento na produção agrícola e a redução de insumos pois leva ao reequilíbrio da microbiota do solo. E por fim, distribuir doses do inoculante aos agricultores familiares interessados em testar em seus cultivos e orientá-los por meio de oficinas e material didático (cartilha) sobre quando a inoculação é necessária e como fazê-la em diferentes culturas.

Quando se trata dos benefícios da inoculação de fungos em áreas agricultáveis, é nítido para o agricultor, a melhoria no desenvolvimento e na produção dos vegetais, aumento da tolerância de estresses abióticos (seca, temperatura), melhor estabelecimento e sobrevivência nas mudas depois do transplante, além de ser uma tecnologia de baixo custo com benefícios de curto a longo prazo.

REFERÊNCIAS

- AB' SABER, A. N. A Serra do Japi, sua origem geomorfológica e a teoria dos refúgios. In: **História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. (L. P. C. Morellato org.), Campinas: Editora da UNICAMP/FAPESP, 1992. p. 12-23.
- AIDAR, M. P. M.; CARRENHO, R.; JOLY, C. A. Aspects of arbuscular mycorrhizal fungi in an Atlantic Forest chronosequence Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP. **Biota Neotropica**, v. 4, n. 2, p. 1-13, 2004.
- ALCÂNTARA, A.F.; MADEIRA, N. R. Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças. **Circular técnica**. Embrapa Hortaliças. Brasília, n. 64, p. 1-12, 2008.
- ALLEN, M. F.; SWENSON, W.; QUEREJETA, J. I.; EGERTON-WARBURTON, L. M.; TRESEDER, K. K. Ecology of mycorrhizae: a conceptual framework for complex interactions among plants and fungi. **Annual Review of Phytopathology**, v. 41, n. 1, p. 271-303, 2003.
- ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da mata atlântica**. 3.ed. Ilhéus, BA: Editus - Scientific Electronic Library Online, 2016.
- AMES, R. N.; SCHNEIDER, R. W. Entrophospora, a new genus in the Endogonaceae [Fungi]. **Mycotaxon**, [s.l.], v.8, n.2, p. 347-352, 1979.
- ARATO, D. H.; MARTINS, V. S.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 1-7, 2003.
- BECHARA, F. C.; FILHO, E. M. C.; BARRETTO, K. D.; BELLOTTO, A.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. In: **Principais iniciativas de restauração florestal na Mata Atlântica, apresentadas sob a ótica da evolução dos conceitos e dos métodos aplicados**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009.
- BENJAMIN, R. K. Zygomycetes and their spores. In: **The whole fungus**, [s.l.], v. 2, p. 573-621, 1979.
- BERTA, G.; FUSCONI, A.; TROTTA, A.; SCANNERINI, S. Morphogenetic modifications induced by the mycorrhizal fungus *Glomus* strain E3 in the root system of *Allium porrum* L. **New Phytologist**, [s.l.], v. 114, n. 2, p. 207-215, 1990.
- BEVER, J. D.; MORTON, J. B.; ANTONOVICS, J.; SCHULTZ, P. A. Host-dependent sporulation and species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a mown grassland. **Journal of ecology**, [s.l.], v. 84, n.1, p. 71-82, 1996.
- BEVER, J. D.; SCHULTZ, P. A.; PRINGLE, A.; MORTON, J. B. Arbuscular Mycorrhizal Fungi: More Diverse than Meets the Eye, and the Ecological Tale of Why: The high diversity

of ecologically distinct species of arbuscular mycorrhizal fungi within a single community has broad implications for plant ecology. **Bioscience**, [s.l.], v. 51, n. 11, p. 923-931, 2001.

BEZERRA, A. C. D. A. F. **Influência de distúrbios antrópicos e mudanças temporais sobre os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) no semiárido**. 2017. 91f. Tese (Doutorado) – Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

BEZERRA, A. D. S.; DE MELLO, A. H. Fungos micorrízicos arbusculares no incremento inicial de sistemas agroflorestais de agricultores familiares-uma alternativa sustentável de produção. In: PRIMEIRA JORNADA ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2015, Pará. **Anais**. Pará: UNIFESSPA, 2015. p. 1-4.

BLASZKOWSKI, J. **Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), Endogene and Complexipes species deposited in the Department of Plant Pathology**. University of Agriculture in Szczecin, Poland, 2018. Disponível em: <<http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/index.html>>. Acesso em: 06 jul. 2018.

BONFIM, J. A. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas restauradas de Mata Atlântica, São Paulo, Brasil**. 2011. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

BONFIM, J. A.; VASCONCELLOS, R. L. F.; STÜRMER, S. L.; CARDOSO, E. J. B. N. Arbuscular mycorrhizal fungi in the Brazilian Atlantic forest: a gradient of environmental restoration. **Applied Soil Ecology**, [s.l.], v. 71, p. 7-14, 2013.

BORBA, M. F.; DE AMORIM, S. M. C. Fungos micorrízicos arbusculares em sempre-vivas: subsídio para cultivo e replantio em áreas degradadas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão, v. 7, n. 2, p. 20-27, 2007.

BORGES, W. L. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares e de bactérias fixadoras de nitrogênio simbióticas em áreas de mineração de bauxita com diferentes idades de revegetação**. 2010. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<https://tede.ufrj.br/jspui/handle/tede/297>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

BRAGHIROLI, F. L.; SGROTT, A. F.; PESCADOR, R.; UHLMANN, A.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares na recuperação de florestas ciliares e fixação de carbono no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p 733-743, 2012.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução normativa nº 4, de 13 de abril de 2011**. Brasília, 2011. Disponível em: <<https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=216807>>. Acesso em: 24 out. 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da

Natureza e dá outras providências. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lei nº 6.894**, de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes(...) e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/lei-6894-de-16-12-80-alterada-pela-lei-12890-2013.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade. **Percentual de espécies da fauna/flora ameaçadas de extinção com planos de ação ou outros instrumentos para recuperação e conservação**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivos/Informacoes_ambientais/ListaDeIndicadores/Percentual%20fauna%20e%20flora/FM%20-%20Fauna%20e%20Flora%20Ameacadas%20com%20Plano.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.

BRUNDRETT, M. C.; PICHE, Y.; PETERSON, R. L. A developmental study of the early stages in vesicular–arbuscular mycorrhiza formation. **Canadian Journal of Botany**, Canadian, v. 63, n. 2, p. 184-194, 1985.

BUEE, M.; ROSSIGNOL, M.; JAUNEAU, A.; RANJEVA, R.; BÉCARD, G. The pre-symbiotic growth of arbuscular mycorrhizal fungi is induced by a branching factor partially purified from plant root exudates. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, [s.l.], v. 13, n. 6, p. 693-698, 2000.

CALDEIRA, S. F.; CHAVES, G. M.; ZAMBOLIM, L. Associação de micorriza vesicular-arbuscular com café, limão-rosa e capim-gordura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 223-228, 1983.

CAMARA, R.; PEREIRA, M. G.; DA SILVA, C. F.; PAULA, R. R.; DA SILVA, E. M. R. Fungos micorrízicos arbusculares em dois fragmentos florestais de restinga periodicamente inundável em Marambaia, RJ. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, p. 33-42, 2016.

CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R. L. L.; TRUFEM, S. B.; DE OLIVEIRA GRANHA, J. R. D.; MONTEIRO, A. B. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1409-1418, 2003.

CAPRONI, A. L.; GRANHA, J. R. D. O.; BERBARA, R. L. L.; DOS SANTOS, T. P.; MORAIS, W. P. Fungos micorrízicos arbusculares em floresta nativa, cerrado e pastagem no município de Guajará-Mirim/RO como bioindicador de estabilidade. In: 14º CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE, 26 a 29 set 2017, Poços de Caldas, MG. **Anais**. Poços de Caldas, 2017. p. 1-12. Disponível em: <<http://www.meioambientepocos.com.br/anais-2017/trabalhos/415.%20FUNGOS%20MICORRIZICOS%20ARBUSCULARES%20EM%20FLORESTA%20NATIVA,%20CERRADO%20E%20PASTAGEM%20NO%20MUNIC.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

CARDOSO, E. J. B. N.; NAVARRO, R. B.; NOGUEIRA, M. A. Manganês e germinação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares in vitro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, 2002.

CARDOSO, I. M.; KUYPER, T. W. Mycorrhizas and tropical soil fertility. **Agriculture, ecosystems & environment**, [s.l.], v. 116, n. 1-2, p. 72-84, 2006.

CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1211-1220, 2012.

CARNEIRO, R. F. V.; JÚNIOR, F. M. C.; PEREIRA, L. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SILVA, G. A. Fungos micorrízicos arbusculares como indicadores da recuperação de áreas degradadas no Nordeste do Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 4, p. 648-657, 2012.

CARPI JÚNIOR, S. Unidades geoambientais patrimônio natural no Vale do Médio Tietê, SP, Brasil. In: VI SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA - II SEMINÁRIO IBERO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6., 2010, Portugal. **Anais**. Universidade de Coimbra, 2010. p. 1-12.

CARRENHO, R.; GOMES-DA-COSTA, S. M.; BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A. Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas brasileiros. In: SIQUEIRA, J.O.; DE SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 215-249.

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS – CIIAGRO. **Resenha Agrometeorológica: Cabreúva no período de 01/03/2016 até 01/11/2018**.

Disponível em: <

<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Listagens/Resenha/LResenhaLocal.asp>>. Acesso em: 14 dez. 2018.

CEPAGRI - CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas**. Campinas: UNICAMP, 2013. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_096.html>. Acesso em: 02 jan. 2019.

CICG - **Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota**. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/cicgfma/home>> Acesso em: 04 fev. 2019.

COLODETE, C. M.; DOBBSS, L. B.; RAMOS, A. C. Aplicação das micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. **Natureza on line**, Santa Teresa, v. 12, n. 1, p 31-37, jan-mar, 2014.

CORDEIRO, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 147-153, 2005.

COSTA, N. D. L.; PAULINO, V. T.; DA COSTA, R. S. C.; PEREIRA, R. D. A.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A. Efeito de micorrizas arbusculares sobre o crescimento e nutrição mineral de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ci. Anim. Bras.**, Goiânia, v.13, n. 4, p. 406-411, out./dez. 2012.

CRUZ, C.; CORREIA, P.; RAMOS, A.; CARVALHO, L.; BAGO, A.; LOUÇÃO, M. A. M. Arbuscular mycorrhiza in physiological and morphological adaptations of Mediterranean plants. In: VARMA, A. **Mycorrhiza**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 733-752, 2008.

CUI, M.; NOBEL, P. S. Nutrient status, water uptake and gas exchange for three desert succulents infected with mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, [s.l.], v. 122, n. 4, p. 643-649, 1992.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. **Matéria orgânica do solo**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015.

DA SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; DA SILVA, E. M. R.; CORREIA, M. E. F.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). **Revista Caatinga**, v.19, n.1, p. 01-10, 2006.

DA SILVA, R. C. **Mecanização e manejo do solo**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

DA SILVA, R. R.; COELHO, G. D. **Fungos**: principais grupos e aplicações biotecnológicas. São Paulo: Instituto de Botânica – IBot, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente. 2006. Disponível em: http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Fungos_Ricardo_Silva_e_Glauceane_Coelho.pdf>. Acesso em: 19 maio 2017.

DA SILVA, D. K. A.; GOTO, B.T.; OEHL, F.; SILVA, G. A.; NOBRE, C. P.; PEREIRA, C. M. R.; MELLO, C. M. A.; DE ASSIS, D. M. A.; MARINHO, F.; DA SILVA, I. R.; DE PONTES, J. S.; JOBIM, K.; VIEIRA, L. C.; DE SOUSA, N. M. F.; DE LIMA, R. A. A.; MAIA, L. C. Arbuscular mycorrhizal fungi: new records in Northeast of Brazil. **Bol. Mus. Biol. Mello Leitão**, V. 36, p. 35–50, 2014.

DANIELS, B. A.; SKIPPER, H. D. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. In: SCHENCK, N. C. **Methods and principles of mycorrhizal research**. New York: **American Phytopathological Society**, New York, v.5, p. 29-35, 1982.

DE ARRUDA, M. R.; MOREIRA, A.; PEREIRA, J. C. R. Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade. Manaus: **Embrapa Amazônia Ocidental-Documentos 115**, 2014.

DE CASTRO, D.; MELLO, R. S. P.; POESTER, G. C. Práticas para restauração da mata ciliar. Porto Alegre: Catarse – **Coletivo de Comunicação**, 2012.

DE MIRANDA, E. M.; DA SILVA, E. M. R.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares associados ao amendoim forrageiro em pastagens consorciadas no Estado do Acre, Brasil. **Embrapa Acre**, v. 40, n.1, p. 13-22, 2010.

DE NOVAIS, C. B.; BORGES, W. L.; SBRANA, C.; GIOVANNETTI, M.; JÚNIOR, O. J. S.; SIQUEIRA, J. O. **Técnicas básicas em micorrizas arbusculares**. 1 ed. Lavras: Ed. UFLA, 2017.

DE PAULA, A. M. Micorrizas arbusculares. In: **Guia prático de biologia do solo**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2016. p. 33-42.

DE SOUZA, L. M.; COSTA, M. D. C. **Análise do método de nucleação na recuperação de matas ciliares**. 2010. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade Sagrado Coração – Bauru - SP, 2010.

DE SOUZA, F. A.; STURMER, S. L.; CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J.O.; DE SOUZA, F. A; CARDOSO, E. J. B. N; TSAI, S. M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 15-73.

DE SOUZA, F. A.; SCHLEMPER, T. R.; STÜRMER, S. L. A importância da tecnologia de inoculação de fungos micorrízicos para a sustentabilidade na olericultura. In: LOPES, C. A.; PEDROSO, M. T. M. Sustentabilidade e horticultura no Brasil: da retórica à prática. **Embrapa** - Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

DOS SANTOS, F. E. F.; CARRENHO, R. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em remanescente florestal impactado (Parque Cinquentenário-Maringá, Paraná, Brasil). **Acta Botânica Brasileira**, Belo Horizonte, v. 25, n. 2, p. 508-516, 2011.

DOS SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; DE ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A. F.; DE OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

DOUDS JR, D. D.; MILLNER, P. D. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Agriculture, ecosystems & environment**, [s.l.], v. 74, n. 1-3, p. 77-93, 1999.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. Documentos 132.

ENGEORPS - CORPO DE ENGENHEIROS CONSULTORES S.A. **Estudo de demandas, diagnóstico completo, formulação e seleção de alternativas**. Barueri - SP, 2011. 302p.

ENTRY, J. A.; RYGIWICZ, P. T.; WATRUD, L. S.; DONNELLY, P. K. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. **Advances in Environmental Research**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 123-138, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO - Brasil). **A importância da conservação dos solos para a produção de alimentos no mundo**. 12/04/2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1116677/>>. Acesso em: 02 jan. 2019.

FRANCO-CORREA, M.; QUINTANA, A.; DUQUE, C.; SUAREZ, C.; RODRÍGUEZ, M. X.; BAREA, J. M. Evaluation of actinomycete strains for key traits related with plant growth promotion and mycorrhiza helping activities. **Applied Soil Ecology**, v. 45, n. 3, p. 209-217, 2010.

FRANK, B. Ueber die auf wurzelsymbiose beruhende ernahrung gewisser baume durch unterirdische pilze. **Ber. Dt. Bot. Ges.**, [s.l.], v. 3, n. 4, p. 128-145, 1885.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2016-2017**. Relatório técnico. São Paulo: Arcplan, 2018. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/link/Atlas_Mata_Atlantica_2016-2017_relatorio_tecnico_2018_final.pdf> Acesso em: 15 abr. 2019.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Aqui tem Mata?** Disponível em: <<http://aquitemmata.org.br/#/busca/sp/S%C3%A3o%20Paulo/Cabre%C3%BAva>> Acesso em: 10 jun. 2019.

GERDEMANN, J. W.; TRAPPE, J. M. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. **Mycologia Memoir**, New York Botanical Garden and the Mycological Soc. of Amer., n.5, p. 71-74, 1974.

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**, Cambridge, v. 46, p. 235-244, 1963.

GIANINAZZI-PEARSON, V.; LEMOINE, M. C.; ARNOULD, C.; GOLOTTE, A.; MORTON, J. B. Localization of β (1 \rightarrow 3) glucans in spore and hyphal walls of fungi in the Glomales. **Mycologia**, [s.l.], v. 86, n. 4, p. 478-485, 1994.

GIOVANNETTI, M.; SBRANA, C. Meeting a non-host: the behaviour of AM fungi. **Mycorrhiza**, [s.l.], v. 8, n. 3, p. 123-130, 1998.

GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, [s.l.], v. 18, n. 10, p. 1111-1116, 1987.

GOTO, B. T.; JOBIM, K. Uma breve história sobre a ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota) no Brasil. 15ª Reunião Brasileira sobre Micorrizas - **Palestra 1**, Fertbio MIOLO, v. 2, 2017.

GOTO, B. T.; JOBIM, K. **Glomeromycota**: Laboratório de Biologia de Micorrizas Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN: Departamento de Botânica e Zoologia, 2019. Disponível em: <<https://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. **Mycotaxon**, [s.l.], v. 96, n. 4, p. 129-132, 2006.

HADLEY, G. Orchid Mycorrhiza. In: ARDITTI, J. Ed. *Orchid Biology – Reviews and Perspectives II*. Ithaca, Cornell University Press, p. 57-71, 1982.

HOROWITZ, C.; MARTINS, C. R.; MACHADO, T. Espécies exóticas arbóreas, arbustivas e herbáceas que ocorrem nas zonas de uso especial e de uso intensivo do Parque Nacional de Brasília: diagnósticos e manejo. Centro Nacional de Informação, Tecnologias Ambientais e Editoração. **Edições Ibama**, Brasília, p. 5-58, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: Técnicas de revegetação**. Brasília: IBAMA, 1990.

ISERNHAGEN, I.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G.; GANDOLFI, S. Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. In: **Diagnóstico ambiental das áreas a serem restauradas visando a definição de metodologias de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009.

JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, [s.l.], v. 112, n. 1, p. 93-99, 1989.

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

JOHANSEN, A.; JAKOBSEN, I.; JENSEN, E. S. Hyphal transport of ¹⁵N-labelled nitrogen by a vesicular—arbuscular mycorrhizal fungus and its effect on depletion of inorganic soil N. **New Phytologist**, [s.l.], v. 122, n. 2, p. 281-288, 1992.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações agronômicas**, [s.l.], v. 118, n. 2, p. 1-24, 2007.

KOTHARI, S. K.; MARSCHNER, H.; ROMHELD, V. Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. **Plant Soil**, Hague, v. 31, p. 177-185, 1991.

LAMBAIS, M. R. Unraveling the signaling and signal transduction mechanisms controlling arbuscular mycorrhiza development. **Scientia Agricola**, [s.l.], v. 63, n. 4, p. 405-413, 2006.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. H.; BENDER, K. S.; BUCKLEY, D. H.; STAHL, D. A. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

MAIA, L. C.; SILVA, F. S. B.; GOTO, B. T. Estrutura, ultraestrutura e germinação de glomerosporos. In: SIQUEIRA, J.O.; DE SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N; TSAI, S. M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 75-106.

MAIA, R. D. S.; VASCONCELOS, S. S.; CARVALHO, C. J. R. Soil phosphorus fractions and mycorrhizal symbiosis in response to the availability of moisture and nutrients at a

secondary forest in eastern Amazonia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 45, n. 3, p. 255-264, 2015.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil/Centro de Produções Técnicas, 2001. 146 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006.

MOREIRA, M.; BARETTA, D.; TSAI, S. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Spore density and root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in preserved or disturbed *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. ecosystems. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n.4, p.380-385, jul. /ago. 2006.

MORTON, J. B.; BENNY, G. L. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. **Mycotaxon**, [s.l.], v. 37, p. 471-491, 1990.

MORTON, J. B.; REDECKER, D. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera Archaeospora and Paraglomus, based on concordant molecular and morphological characters. **Mycologia**, [s.l.], p. 181-195, 2001.

MORTON, J. B. **International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi**. 2018. Disponível em: <<https://invam.wvu.edu/>>. Acesso em: 06 jul. 2018.

MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. **Annual Review of Phytopathology**, [s.l.], v. 11, n. 1, p. 171-196, 1973.

NICOLSON, T. H. Mycorrhiza in the Gramineae: I. Vesicular-arbuscular endophytes, with special reference to the external phase. **Transactions of the British Mycological Society**, [s.l.], v. 42, n. 4, p. 421-431, 1959.

NOGUEIRA, L. R.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; GAIA-GOMES, J. H.; DA SILVA, E. M. R. Biological properties and organic matter dynamics of soil in pasture and natural regeneration areas in the Atlantic forest biome. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, p. 1-10, out. 2016.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. Tradução da 5. ed. Norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

PEREIRA, C. M. R. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em área de Mata Atlântica sob diferentes usos de solo**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos) - Departamento de Micologia do Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

PEREIRA, C. M. R.; DA SILVA, D. K. A.; DE ALMEIDA FERREIRA, A. C.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Atlantic forest areas under different land uses. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 185, p. 245-252, 2014.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. 1.ed. São Paulo: Planta, 2001. 327 p.

PRIMAVESI, A. M. **Agricultura sustentável**: Manual do produtor rural: maior produtividade, maiores lucros, respeito à terra. São Paulo: Nobel, 1992.

PRIMAVESI, A. M. Agroecologia e manejo do solo. In: FERRARI, E. et al. **Revista Agrícolas**: experiências em agroecologia. AS-PTA – Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. Rio de Janeiro, v. 5, n. 3, p. 7-10, 2008.

QUESADA, C. A.; LLOYD, J.; SCHWARZ, M.; PATINO, S.; BAKER, T. R.; CZIMCZIK, C.; FYLLAS, N. M.; et al. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. **Biogeosciences**, [s.l.], v. 7, n. 5, p. 1515-1541, 2010.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 1997 (Boletim Técnico, IAC, nº 100).

REDECKER, D.; KODNER, R.; GRAHAM, L. E. Glomalean fungi from the Ordovician. **Science**, [s.l.], v. 289, n. 5486, p. 1920-1921, 2000.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 3. ed. Barueri, SP: Manole, 2016.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R. A nucleação na restauração ecológica de ecossistemas tropicais. **Scientia Agricola**. Piracicaba, vol. 67, n. 2, p. 244-250, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162010000200018&script=sci_abstract&tlng=pt>.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; DE ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; DE SOUZA, L.P. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. [s.l.], v. 1. nº 1, p. 28-36, abril. 2003.

REQUENA, N.; BREUNINGER, M.; FRANKEN, P.; OCÓN, A. Symbiotic status, phosphate, and sucrose regulate the expression of two plasma membrane H⁺-ATPase genes from the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. **Plant physiology**, [s.l.], v. 132, n. 3, p. 1540-1549, 2003.

REYES, H. A.; FERREIRA, P. F. A.; SILVA, L. C.; DA COSTA, M. G.; NOBRE, C. P.; GEHRING, C. Arbuscular mycorrhizal fungi along secondary forest succession at the eastern periphery of Amazonia: seasonal variability and impacts of soil fertility. **Applied Soil Ecology**, [s.l.], v.136, p.1-10, 2019.

SAGGIN JUNIOR, O. J.; BORGES, W. L.; DE NOVAIS, C. B.; DA SILVA, E. M. R. Manual de curadores de germoplasma-micro-organismos: fungos micorrízicos arbusculares. Brasília: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia - Documentos**, 2011.

SÃO PAULO. **Decreto nº 43.284**, de 03 de julho de 1998. Regulamenta as Leis nº 4.023, de 22/05/1984, e nº 4.095, de 12/06/1984, que declaram áreas de proteção ambiental as regiões

urbanas e rurais dos Municípios de Cabreúva e Jundiáí, respectivamente, e dá providências correlatas. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/norma/?id=6770>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

SÃO PAULO. **Lei nº 4023**, de 22 de maio de 1984. Declara área de proteção ambiental a região urbana e rural do Município de Cabreúva. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=38191>>. Acesso em: 02 mai. 2019.

SÃO PAULO. **Resolução SMA nº 32**, de 03 de abril de 2014. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/files/2014/04/Resolu%C3%A7%C3%A3o-SMA-032-2014-a.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2019.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares. **Restauração ecológica: sistemas de nucleação**. Reimpressão da 1.ed. – São Paulo: SMA, 2011. Disponível em: <<http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Nucleacao.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2017.

SCABORA, M. H. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em área de cerrado degradado em processo de revegetação**. 2011. 133 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

SCHENCK, N. C.; PÉREZ, Y. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 3.ed. Gainesville: **Synergistic Publications**, [s.l.], 1990. 250p.

SCHUSSLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological research**, [s.l.], v. 105, n. 12, p. 1413-1421, 2001.

SHARMA, A. K.; SRIVASTAVA, P. C. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae and zinc application on dry matter and zinc uptake of greengram (*Vigna radiata* L. Wilczek). **Biol Fertil Soils**, Berlin, v. 11, p. 52-56, 1991.

SILVA, G. D.; MAIA, L. C.; SILVA, F. D.; LIMA, P. C. F. Potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares oriundos de área de caatinga nativa e degradada por mineração, no Estado da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 135-143, 2001.

SIMON, L.; BOUSQUET, J.; LÉVESQUE, R. C.; LALONDE, M. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. **Nature**, [s.l.], v. 363, n. 6424, p. 67–69, 1993.

SIQUEIRA, J. O.; SYLVIA, D. M.; GIBSON, J.; HUBBELL, D. H. Spores, germination, and germ tubes of vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi. **Canadian Journal of Microbiology**, Canadian, v. 31, n. 11, p. 965-972, 1985.

SIQUEIRA, J.O.; DE SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. Histórico e evolução da micorrizologia no Brasil: avanços em três décadas. In: _____. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 1-14.

SMITH, S. E.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. **Annual review of plant physiology and plant molecular biology**, USA, v. 39, n. 1, p. 221-244, 1988.

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

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. D. V.; DA SILVA, A. J.; DOS ANJOS, J. L. **Documentos 206 - Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **ONU declara 2015 como Ano Internacional dos Solos**. Disponível em: < https://www.sbcs.org.br/?noticia_geral=onu-declara-2015-como-ano-internacional-dos-solos-release-para-a-imprensa>. Acesso em 22 set. 2018.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER) INTERNATIONAL, Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. Tucson: Society for Ecological Restoration, 2004. Disponível em: <https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-portuguese.pdf>. Acesso em: 09 set. 2018.

SOLANS, M.; VOBIS, G.; JOZSA, L.; WALL, L. G. Synergy of Actinomycete Co-inoculation. In: **Plant Growth Promoting Actinobacteria**. Springer, Singapore, 2016. p. 161-177.

SOTERAS, F.; GRILLI, G.; COFRÉ, M. N.; MARRO, N.; BECERRA, A. Arbuscular mycorrhizal fungal composition in high montane forests with different disturbance histories in central Argentina. **Applied Soil Ecology**, [s.l.], v. 85, p. 30-37, 2014.

ST. JOHN, T. V.; COLEMAN, D. C.; REID, C. P. P. Association of vesicular-arbuscular mycorrhizal hyphae with soil organic particles. **Ecology**, Washington, v. 64, n. 4, p. 957-959, 1983.

STÜRMER, S. L.; BEVER, J. D.; MORTON, J. B. Biogeography of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota): a phylogenetic perspective on species distribution patterns. **Mycorrhiza**, Switzerland, v. 28, n. 7, p. 587-603, 2018.

TEDERSOO, L.; SANCHEZ-RAMIREZ, S.; KOLJALG, U.; BAHRAM, M.; DORING, M.; SCHIGEL, D.; MAY, T.; RYBERG, M.; ABARENKOV, K. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. **Fungal Divers**, [s.l.], v. 90, n. 1, p. 135-159, 2018.

TEDERSOO, L.; TOOMING-KLUNDERUD, A.; ANSLAN, S. PacBio metabarcoding of Fungi and other eukaryotes: errors, biases and perspectives. **New Phytologist**, [s.l.], v. 217, n. 3, p. 1370-1385, 2018.

TOMMERUP, I. C. Temperature relations of spore germination and hyphal growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soil. **Transactions of the British Mycological Society**, Amsterdã, v. 81, n. 2, p. 381-387, 1983.

TOMMERUP, I. C. Physiology and ecology of VAM spore germination and dormancy in soil. In: Mycorrhizae in the next decade practical applications and research priorities. **Proceedings of the 7th North American Conference on Mycorrhizae**, Gainesville, Flórida, p. 175-177, 1987.

TRES, D. R.; GUINLE, M. C. T.; REIS, A. Pragmatismo na Restauração Ecológica: “apressar” a sucessão ou promover uma nova dinâmica natural? In: VII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. 20 a 25 de novembro de 2005, Caxambu, MG. **Resumo**. São Paulo: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2005, p. 971-972.

WADT, P. G. S. **Construção de terraços para controle de erosão pluvial no estado do Acre**. Rio Branco, Acre: EMBRAPA, 2003.

WARNER, A.; MOSSE, B. Independent spread of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soil. **Transactions of the British Mycological Society**, Amsterdã, v. 74, n. 2, p. 407-410, 1980.

WEBSTER, J.; WEBER, R. W. S. **Introduction to fungi**. 3. ed. United States of America: Cambridge University Press, 2007.

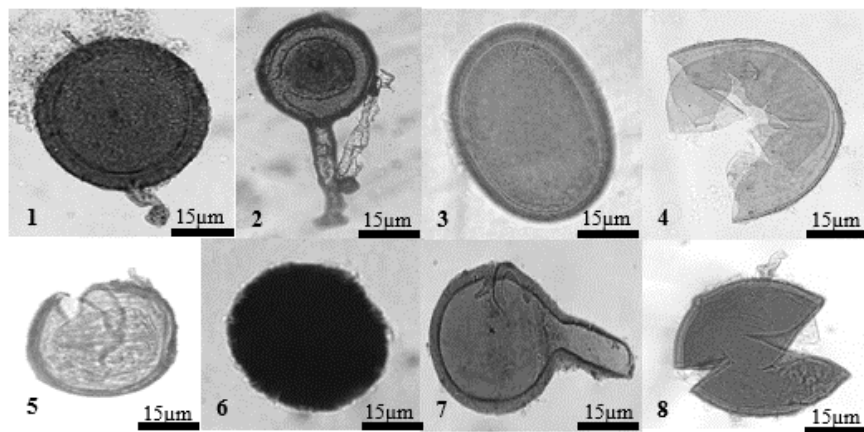
WINA, E.; MUETZEL, S.; BECKER, K. The impact of saponins or saponin-containing plant materials on ruminant productions: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 21, p. 8093-8105, 2005.

APÊNDICE – A

Espécies de fungos micorrízicos arbusculares identificados, visto em microscópio óptico.

Legenda:

1- *Glomus* sp.1; 2- *Glomus* sp. 3; 3- *Acaulospora* sp. 1; 4- *Acaulospora* sp. 2; 5- *Acaulospora gedanensis*; 6- *Dentiscutata nigra*; 7- *Glomus heterosporum*; 8- *Scutellospora* sp. 1.



Fonte: Elaborado pela autora.