



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO MULTIDISCIPLINAR DE SAÚDE  
CAMPUS ANÍSIO TEIXEIRA – VITÓRIA DA CONQUISTA**

**ROBERTA DE SOUZA SANTOS**

**DIVERSIDADE TAXÔNOMICA DE FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES EM CAFEIEIRO COM DIFERENTES TIPOS DE  
MANEJO E EFICIÊNCIA NA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DO  
FEIJÃO-CAUPI**

**Vitória da conquista  
2019**

**DIVERSIDADE TAXÔNOMICA DE FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES EM CAFEIEIRO COM DIFERENTES TIPOS DE  
MANEJO E EFICIÊNCIA NA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DO  
FEIJÃO-CAUPI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências, Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Biociências.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Lopes Leal  
Universidade Federal da Bahia – UFBA  
Co-orientador: Profa. Dra. Joice Andrade Bonfim  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Baiano

Biblioteca Universitária Campus Anísio Teixeira – UFBA

S237

Santos, Roberta Souza.

Diversidade taxonômica de fungos micorrízicos arbusculares em cafeeiro com diferentes tipos de manejo e eficiência na promoção do crescimento do feijão-caupi. / Roberta Souza Santos - 2019.

82 f.: il.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dra. Patrícia Lopes Leal

Coorientador: Prof.<sup>a</sup>. Dra. Joice Andrade Bonfim

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Instituto Multidisciplinar em Saúde, Programa de Pós-Graduação em Biociências, 2019.

1. Fungos. 2. Micorrizas. 3. *Vigna unguiculata*. I. Universidade Federal da Bahia. Instituto Multidisciplinar em Saúde. II. Leal, Patrícia Lopes. III. Bonfim, Joice Andrade. IV. Título.

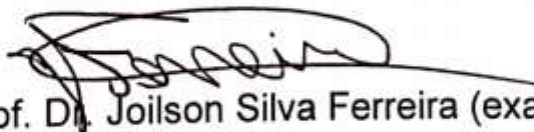
CDU: 582.28 (813.8)

**DIVERSIDADE TAXÔNOMICA DE FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES EM CAFEIRO COM DIFERENTES TIPOS DE  
MANEJO E EFICIÊNCIA NA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DO  
FEIJÃO-CAUPI**

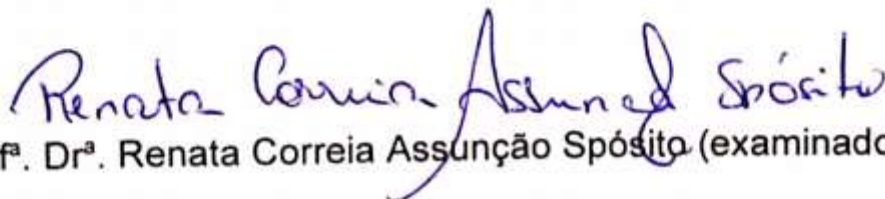
Esta dissertação foi julgada adequada à obtenção do grau de Mestre em Biociências e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Biociências, Universidade Federal da Bahia. Vitória da Conquista – BA, 03 de dezembro de 2019



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Lopes Leal (Orientadora)  
(Universidade Federal Bahia)



Prof. Dr. Joilson Silva Ferreira (examinador)  
(Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia)



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Correia Assunção Spósito (examinadora)  
(Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia)

“Dedico este trabalho a minha filha, Lara de Souza Lima, o grande e verdadeiro amor da minha vida.”

## AGRADECIMENTOS

À **Profa. Dra Patrícia Lopes Leal**, minha orientadora e ao **Prof. MSc. Divino Levi Miguel e a Profa. Dra. Joice Andrade Bonfim**, meus co-orientadores, pela disponibilidade, dedicação e incentivo que foram fundamentais para realizar e prosseguir este estudo. Agradeço cada momento de atenção, todas as dúvidas tiradas e contribuições doadas para que tudo saísse de forma clara, concisa e relevante. A vocês minha eterna gratidão.

Ao **Prof. Dr Sidney Luiz Sturmer** por nos ceder espaço e tempo para as identificações dos esporos de FMAs.

Aos colegas de laboratório em especial, **Elismar Pereira e Anny Karoline**, muito obrigada pela companhia, ajuda e vivência durante a execução do projeto.

Ao **Programa de Pós- graduação em Biociências**, pelo conhecimento e experiência adquiridos.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB** pelo apoio e investimento.

À **Fazenda Vidigal** e todos seus **colaboradores** que nos cederam o espaço para a coleta de dados e nos auxiliaram em tudo que foi preciso.

À **Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB**, Campus de Vitória da Conquista, por mais uma vez me acolher nessa fase da vida, aqui me graduei e aprendi amar a natureza, aqui eu obtive minha primeira aprovação em concurso e também foi aqui no **Laboratório de Microbiologia do Solo** onde eu pude desenvolver a maior parte dos experimentos que me possibilitaram chegar até esse tão esperado momento da defesa.

Aos meus **amigos** que me ampararam nos momentos de crises e que me deram forças para prosseguir.

À minha terapeuta, **Alba Matos**, por todas as palavras de sabedoria compartilhada.

À **Galera da Bio** que até hoje, mesmo muitos estando longe, me apoiaram, me ajudaram, e mandaram forças e energias positivas para que essa passagem fosse mais leve. Eu amo todos vocês, a Biologia não

poderia ter me dado amigos e companheiros melhores. Somos todos “**ELENÃO**”, mas também somos todos “**SIM**” para o **amor, liberdade e proteção da nossa natureza**.

Agradeço à minha família, em especial minha filha **Lara de Souza Lima**, foi por ela que entrei e foi ela quem me deu forças para continuar quando nem eu mesma achava que era possível. Amo-te minha filha, e essa conquista é nossa.

A todos os colaboradores externos que de algo forma contribuíram para o andamento do processo.

SANTOS, Roberta Souza. Diversidade taxônomica de fungos micorrízicos arbusculares em cafeeiro com diferentes tipos de manejo e eficiência na promoção do crescimento do feijão-caupi 90f. II. 2019. Dissertação (Mestrado) – Instituto Multidisciplinar de Saúde, Universidade Federal da Bahia, Vitória da Conquista, ano.

## RESUMO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos mutualísticos e estabelecem simbiose com a maioria dos vegetais conhecidos, oferecendo diversos benefícios nutricionais. A diversidade desses fungos conhecida até o momento ainda é baixa, principalmente em sistemas agro-florestais e culturas de café presentes no Nordeste brasileiro. Assim, objetivou-se investigar (1) a ocorrência e diversidade de FMAs em solos cultivados com café sob diferentes manejos (arborizado com grevilea e a pleno sol com espaçamentos de 1,70 x 0,70 cm e 2,50 x 0,50 cm), e em solos de áreas de entorno sob pastagem e mata nativa (mata de cipó), localizadas no município de Barra do Choça, Bahia, Brasil e (2) determinar a eficiência destas comunidades fúngicas na cultura de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Uma parte do solo coletado de cada área foi encaminhada para extração e identificação dos esporos de FMAs, e outra parte encaminhada para o experimento de cultura armadilha para determinação da eficiência em feijão caupi. O experimento de cultura armadilha foi conduzido em casa de vegetação, em vasos, com delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições onde foram analisadas duas espécies de FMAs em mistura (*Claroideoglossum etunicatum* e *Rhizophagus clarus*) como tratamento referência, um tratamento testemunha não inoculado e outros cinco tratamentos compostos por comunidades de FMAs provenientes das cinco áreas de coleta. Após 80 dias de crescimento das plantas o experimento foi desmontado e os dados tabulados estatisticamente. Esporos de 43 morfotipos de FMAs foram recuperados e identificados das amostras de solos, distribuídos entre 14 gêneros pertencentes a seis famílias de Glomeromycota: Glomeraceae (35%), Acaulosporaceae (35%), Gigasporaceae (21%), Ambisporaceae (5%), Archaeosporaceae (2%) e Diversisporaceae (2%). Foi observado a predominância de ocorrência de FMAs do gênero *Acaulospora* (34,8%) seguido de *Glomus* (16,27%). Segundo a frequência de ocorrência, *Rhizophagus fasciculatus*, *Acaulospora mellea* e *Glomus sp.1* foram as espécies dominantes em nosso estudo. Nas áreas de cultivo de café foram identificados 12 gêneros, sendo que dois desses (*Dominikia* e *Fuscutata*) nunca reportados na literatura quanto à associação com café cultivado no Brasil. Já os resultados referentes à cultura armadilha demonstraram que o tratamento referência, como esperado, apresentou os melhores resultados de massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (MSPA+MSR) do feijão caupi, 7,55 g, e o tratamento com solo sob cultivo de café sombreado com grevilea foi o que mais se aproximou do tratamento referência com valores de (MSPA+MSR) igual a 4,31 g e teor de fósforo de 7,60 g kg<sup>-1</sup>. O tratamento com solo sob o cultivo de mata nativa apesar de não ter se destacado no tocante a massa seca do feijão caupi, apresentou a maior diversidade de FMAs, 23 morfotipos, indicando que maior diversidade de espécies não traduz, necessariamente, em maiores benefícios para a planta. Este estudo contribui significativamente para o conhecimento sobre a composição da comunidade de FMAs em solos de locais de referência no cultivo de café no nordeste brasileiro, e mostrou que o feijão caupi foi responsivo a inoculação de muitas dessas comunidades.

**Palavras-chaves:** Manejo agrícola, Sustentabilidade, *Coffea arabica* L.; Glomeromycota



SANTOS, Roberta Souza. Taxonomic diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in coffee plants with different types of management and efficiency in promoting the growth of cowpea 90f. II. 2019. Dissertation (Master degree) - Multidisciplinary Institute in Health, Federal University of Bahia, Vitória da Conquista, 2019.

### ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are considered mutualistic organisms that establish symbiotic relationships with most known plant species, offering plenty nutritional benefits. The knowledge regarding the diversity of these fungi is rather low, mainly in agroforestry systems and coffee plantations of Northeast Brazil. Thereby, our aim (1) was to examine the occurrence and diversity of AMF in growing coffee soils under different management (underneath grevília's canopy and sun-grown with spacing of 1.7 x 0.7 cm and 2.5 x 0.5 cm), and in Soils of surrounding areas under pasture and native forest, located in the municipality of Barra do Choça, Bahia, Brazil and (2) to determine the efficiency of these fungal communities in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) culture. Part of soil samples of each area was sent to extraction and identification of AMF spores, whereas the other was used in the trap culture experiment to determine the caupi-bean efficiency. The trap culture experiment was conducted in a greenhouse, in pots, by using a completely randomized design (CRD), with three repetitions, in which two AMF species in a mixture (*Claroideoglomus etunicatum* and *Rhizophagus clarus*) was used as reference treatment, one control treatment not inoculated and five treatments composed by AMF communities from the five areas sampled were analysed. After 80 days of plant growth the experiment was disassembled and the data was tabulated and statistically tested. Spores from 43 AMF morphotypes were recovered and identified from the field samples, distributed among 14 genera belonging to six Glomeromycota families: Glomeraceae (35%), Acaulosporaceae (35%), Gigasporaceae (21%), Ambisporaceae (5%), Archaeosporaceae (2%) e Diversisporaceae (2%). Overall, it was observed the predominance of occurrence of Acaulospora AMFs (34.8%) followed by Glomus (16.27%). According to the frequency of occurrence, *Rhizophagus fasciculatus*, *Acaulospora mellea* and *Glomus sp.1* were the most dominant species in our study. In the coffee growing areas 12 genera were identified, two of these (*Dominikia* and *Fuscutata*) have never been reported in the literature associated to coffee growing in Brazil. Results from the trap culture experiment suggested that the reference treatment, as expected, showed significant results related to both shoot and root dry mass (SDM+RDM) of caupi-bean (7.55 g), and the soil from the shade-grown coffee treatment underneath grevília was the closest to the reference treatment with values of (SDM+RDM) equal to (4.31 g) and phosphorus content equals to (7.60 g kg<sup>-1</sup>). Although the treatment of coffee growing underneath native forest did not show any change related to dry mass of caupi-bean, it showed the highest diversity of AMF, 23 morphotypes, suggesting that high diversity of AMF does not translate, necessarily, into benefits to plants. This study advances significantly our knowledge regarding the community composition of AMF in soils of an important coffee growing location in the Brazilian northeast, showing that caupi-bean was responsive to the inoculation of many of these communities.

**Key words:** Agricultural management, Sustainability, *Coffea arabica* L., Glomeromycota

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	Estruturas do fungo micorrízico arbuscular em células corticais de raízes de milho cultivado em condições de campo.....	06
<b>Figura 2</b>	Esporos de <i>Rhizophagus clarus</i> e Esporos de <i>Racocetra gragaria</i> .....	06
<b>Figura 3</b>	Colonização micorrízica.....	07
<b>Figura 4</b>	Árvore filogenética esquematizada.....	11
<b>Figura 5</b>	Médias anuais de precipitação, temperaturas máxima e mínima.....	18
<b>Figura 6</b>	Vista aérea da área de estudo e unidades de amostragem (UAs) representadas em áreas delimitadas de aproximadamente 250m <sup>2</sup> ....	20
<b>Figura 7</b>	Esquema de coleta das amostras de solo.....	20

## LISTA DE ABREVIATÖES

%	Porcentagem
UAs	Unidades de Amostragem
CCG	Café consorciado com grevilea
CE1	Café a pleno solo, espaçamento de 2,50 X 0,50 cm
CE2	Café a pleno solo, espaçamento de 1,70 x 0,70 cm
PS	Pastagem
MN	Mata nativa
pH	Potencial Hidrogeniônico
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
P	Fósforo
N	Nitrogênio
K	Potássio
µm	Micrometro
rpm	Rotação por minuto
CR	Controle referência
MSPA	Matéria seca da perta aérea
MSR	Matéria seca de raízes

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	02
2.	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	05
2.1.	FUNGOS MICORRÍICOS ARBUSCULARES.....	05
2.2.	DIVERSIDADE DE FMAS NO BRASIL.....	09
2.3.	INFLUÊNCIA DE MANEJOS AGRÍCOLAS NA DIVERSIDADE DE FMAS.....	11
2.4.	CULTURA DE CAFÉ E OS FMAS.....	13
2.5.	FEIJÃO-CAUPI E OS FMAS.....	15
3.	<b>OBJETIVOS</b> .....	17
3.1.	OBJETIVO GERAL.....	17
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4.	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	18
4.1.	ÁREAS DE ESTUDO.....	18
4.2.	AMOSTRAGEM DO SOLO.....	18
4.3.	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE SOLO.....	21
4.4.	EXTRAÇÃO E CONTAGEM DO NÚMERO DE ESPOROS NO SOLO...	21
4.5.	EFICIÊNCIA DAS COMUNIDADES DE FMAS NA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DO <i>VIGNA UNGUICULATA</i> L. (FEIJÃO-CAUPI).....	22
4.6.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	23
5.	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25
6.	<b>CAPÍTULO 1 - COMPOSIÇÃO DAS COMUNIDADES DE FUNGOS MICORRÍICOS ARBUSCULARES (FMA) SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CAFÉ E ÁREAS DO ENTORNO EM UMA REGIÃO DE ALTITUDE NA BAHIA</b> .....	35
7.	<b>CAPÍTULO 2 - EFICIÊNCIA FUNCIONAL EM FEIJÃO-CAUPI (<i>VIGNA UNGUICULATA</i> (L.)WALP) DE FUNGOS MICORRÍICOS ARBUSCULARES ORIUNDOS DE SOLOS SOB DIFERENTES TIPOS DE MANEJOS EM REGIÃO DE ALTITUDE NA BAHIA</b> .....	58
8.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	

## 1 INTRODUÇÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs – Filo Glomeromycota), importantes componentes da microbiota do solo, têm sido amplamente estudados, devido aos benefícios que eles proporcionam às plantas com as quais estabelecem uma simbiose mutualística conhecida como micorriza arbuscular. Os FMAs são capazes de colonizar raízes de 80% das famílias de plantas, proporcionando diversos benefícios funcionais, principalmente no que se refere ao crescimento, estruturação e aumento da biomassa vegetal, e, portanto contribuindo diretamente na produtividade do ecossistema (BRUNDRETT, 1991; REDECKER et al., 2013; MARINS; CARRENHO, 2017).

Durante a interação micorrízica, as plantas utilizam nutrientes absorvidos pelos FMAs, principalmente o fósforo (P), e os fungos, por sua vez, utilizam produtos oriundos da fotossíntese realizada pelas plantas (WALTER et al., 2012; KEYMER et al., 2017). Como no solo o fósforo se movimenta por difusão a curtas distâncias, as micorrizas apresentam um papel relevante na absorção desse nutriente, uma vez que as hifas de absorção se espalham no solo, aumentando a superfície absorvente e o volume do solo explorado pelo sistema radicular das plantas (JAVOT et al., 2007). Tal efeito micorrízico é, sem dúvidas, o mais relevante para os sistemas de produção agrícola nas regiões tropicais, cujos componentes minerais do solo apresentam forte interação com o P, processo denominado de fixação, e que limita o crescimento das plantas e aumenta a necessidade de adubação fosfática (FAQUIM; ANDRADE, 2004; SOUZA et al., 2010).

O Brasil, detentor da maior área de terras agricultáveis do mundo, é atualmente um grande consumidor de fertilizantes fosfáticos, sendo essa demanda atendida, principalmente, através da importação de fosfato devido à escassez da matéria-prima. No entanto, a proximidade do ponto de inflexão da curva de oferta mundial de rocha fosfática, chamada *peakphosphorus*, tem gerado um movimento de alerta nos últimos anos sobre o futuro das reservas mundiais. O “*peakphosphorus*” traria volatilidade nos preços internacionais dos fertilizantes fosfatados, conseqüentemente, aumento nos preços dos alimentos (BENITES, 2015). Com isso, torna-se de extrema importância pesquisas que

contribuam para o desenvolvimento de tecnologias que reduzam a necessidade de insumos agrícolas e que aumentem a eficiência de utilização de P pelas plantas cultivadas, a qual é muito baixa, sendo comum observar aproveitamento por culturas variando entre 10 e 30% do P aplicado como fertilizante, no primeiro ano de cultivo (OLIVEIRA et al., 2005).

Nesse sentido, o efeito biofertilizante dos FMAs vem merecendo especial atenção para o desenvolvimento agrotecnológico sustentável, que visa reduzir a necessidade da aplicação de insumos para controlar deficiências nutricionais e amenizar os efeitos adversos dos estresses bióticos e abióticos para as plantas. A associação micorrízica não substitui a adubação fosfatada, mas aumenta a eficiência da utilização pelas plantas do fósforo natural ou do adicionado ao solo pela adubação (MIRANDA; MIRANDA, 1997; CARRINO-KYKER et al., 2017).

Do ponto de vista econômico, para melhor explorar o potencial de uso dos FMAs como biofertilizantes, há necessidade de ampliar o conhecimento de aspectos básicos, como sua taxonomia e ocorrência em determinadas condições ambientais (solo, clima, ecossistemas) e aspectos aplicados, como o estabelecimento de culturas mono específicas e a produção de inoculantes (STÜRMER; SIQUEIRA, 2006). Sabe-se, por exemplo, que as práticas de manejo e uso do solo, podem causar alterações na diversidade e dominância das espécies de FMAs (SIQUEIRA ET AL 1989; HELGASONET AL., 1998; FERNANDES, 2009), assim como os fatores edáficos e os aspectos ecológicos das vegetações (GOMIDE, 2013).

Para Stürmer e Siqueira (2006), a produção de inoculante micorrízico deve ser baseada, primeiramente, na ocorrência dos FMAs mais comuns dentro de um determinado ecossistema ou de uma região geográfica. No Brasil, muitos trabalhos têm sido desenvolvidos nas últimas duas décadas para acessar a diversidade de espécies de FMAs associados com florestas de araucaria (BREUNINGER et al., 2000), cerrado (MOURA et al., 2015), dunas (STÜRMER; BELLEI, 1994), áreas degradadas (CARNEIRO et al., 2016), plantações de café (DURAZZINI et al., 2016) e diferentes agro sistemas (COLOZZI FILHO; CARDOSO, 2000; LOSS et al., 2009).

Esses estudos têm demonstrado que os ecossistemas brasileiros abrigam uma grande diversidade de espécies de FMAs, tendo sido registrado até o presente momento, pelo menos, 106 espécies o que representa,

aproximadamente, 35% da diversidade global de espécies conhecidas para esse grupo de organismos (GOTO; JOBIM, 2018). Mas vale ressaltar que grande parte desses estudos concentra-se em ambientes das regiões sudeste e sul do Brasil, e somente nos últimos anos vem se ampliando o conhecimento sobre a ocorrência e diversidade de FMAs em demais regiões brasileiras, como o Nordeste (SILVA et al., 2017; PEREIRA et al., 2018). De acordo com Berbara et al. (2013), a Caatinga é a maior detentora de representatividade de FMAs no Brasil (75,6%), indicando portanto, a região Nordeste brasileira como importante *hotspot* de diversidade desses fungos. Contudo, são restritos os relatos na literatura sobre diversidade taxonômica e funcional de FMAs em importantes agroecossistemas da região Nordeste do Brasil, como a cafeicultura.

O Estado da Bahia é o principal produtor de café do Nordeste brasileiro e quarto maior a nível nacional (CONAB, 2018). Destaque para o município de Barra do Choça, na região de Planalto da Conquista, com mais de 18 mil hectares plantados de café arábica. Nesta região é possível encontrar áreas de cultivo de café em consórcio com espécies arbóreas, como a *Grevillea robusta*, configurando-se, portanto como sistemas agroflorestais (MATOS et al., 2019).

Acessar a diversidade de FMAs e entender os efeitos desse sistema de produção sobre as comunidades micorrízicas é primordial para a conservação do meio ambiente, assim como para a conservação e seleção de recursos genéticos relevantes para o desenvolvimento de uma produção agrícola sustentável (DURAZZINI et al., 2016). A partir desse conhecimento, pode-se, por exemplo, selecionar comunidades e isolados de FMAs eficientes na promoção do crescimento de plantas tradicionalmente cultivadas no Brasil, como a do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Estudos têm reportado a suscetibilidade do feijão-caupi, principal cultura de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil, à colonização micorrízica, com respostas fisiológicas e estruturais positivas (SILVA et al., 2009; CRUZ et al., 2017). Mas vale ressaltar que, a maioria desses estudos empregou espécies de FMAs mantidas em coleção, sendo em muitas das vezes, espécies oriundas de outras regiões do Brasil (ROHYADI et al., 2004; TAFFOUO et al., 2014; CRUZ et al., 2017).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo investigar a ocorrência e diversidade de FMAs em cultura de café sob diferentes manejos

(arborizado com grevilea e a pleno sol), e em solos do entorno de área de pastagem e mata nativa (mata de cipó), localizadas no Planalto da Conquista, Bahia. As comunidades de FMAs acessadas foram caracterizadas e avaliadas quanto à eficiência na promoção do crescimento do feijão-caupi, sob condições de casa de vegetação.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

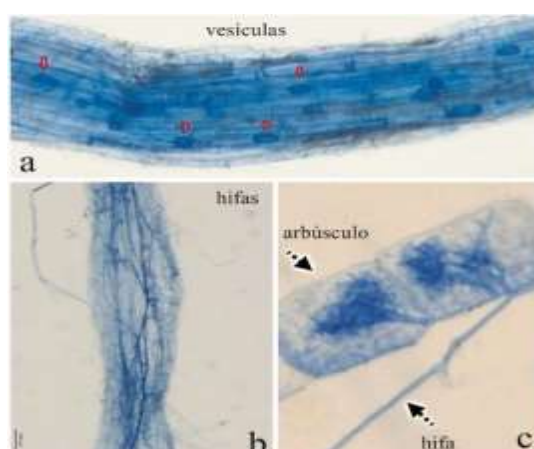
### **2.1 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

O solo é considerado um ambiente complexo e dinâmico no qual está presente uma grande quantidade de microrganismos distribuídos em vários grupos e responsáveis por diversas funções essenciais do ecossistema (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002; BERRUTI et al., 2016). Dentre a microbiota edáfica, estão os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) pertencentes à Ordem Glomerales proposta na Divisão Glomeromycota (SCHUSBLER et al., 2001; REDECKER et al., 2013). O termo “micorriza” originado do grego (myco = fungo e rhiza = raiz) foi utilizado pela primeira vez em 1885, pelo botânico alemão Albert Bernhard Frank, contudo, os primeiros registros fósseis dos FMAs datam do período Ordoviciano, revelando que sua origem e evolução pode ter desempenhado papel importante no processo de colonização de ambientes terrestres pelas plantas (SCHUSBLER et al., 2001; REDECKER et al., 2013). Apesar de terem surgido há mais de 400 milhões de anos, foi somente no século XIX que as micorrizas foram reconhecidas cientificamente, surgindo, a partir de então, trabalhos mais acurados sobre a relação entre planta hospedeira e os micélios fúngicos (SIQUEIRA, 1986).

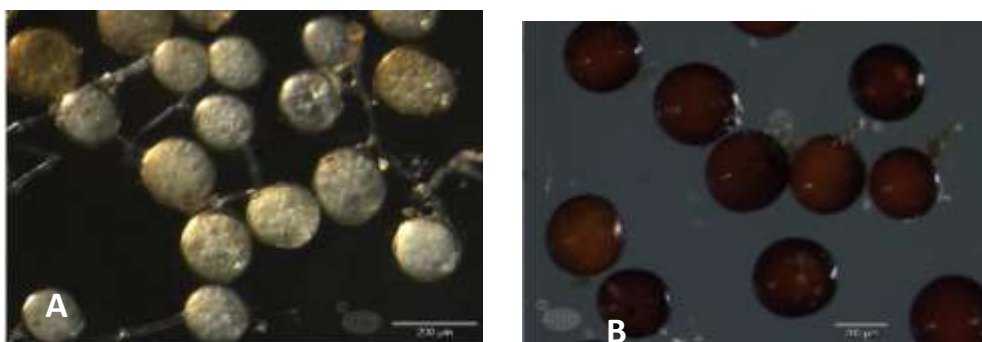
Os FMAs são simbiotes mutualísticos obrigatórios capazes de colonizar raízes de pelo menos 80% das famílias de plantas terrestres (BRUNDRETT, 1991; SIQUEIRA, 1991; MARINS; CARRENHO, 2017). As micorrizas arbusculares são definidas pela presença dos arbúsculos, que são estruturas fúngicas intracelulares que permitem a transferência de fotoassimilados da planta para o fungo, que por sua vez, transfere água e nutrientes às plantas (SYLVIA et al., 1998). Além dos arbúsculos, são verificadas também outras



estruturas intracelulares envolvidas nessa simbiose, como as hifas, vesículas e esporos (Figura 1). As vesículas que podem ser intra ou intercelulares, se desenvolvem para o acúmulo de reservas em parte das associações micorrízicas arbusculares. No tempo em que os esporos são estruturas propagativas que precisam ser ativadas para desencadear suas funções metabólicas de germinação e crescimento (Figura 2). E as hifas formadas a partir da extensão das raízes auxiliam no processo de captação de nutrientes de baixa mobilidade no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; VALADARES; MESCOTTI; CARDOSO, 2016).



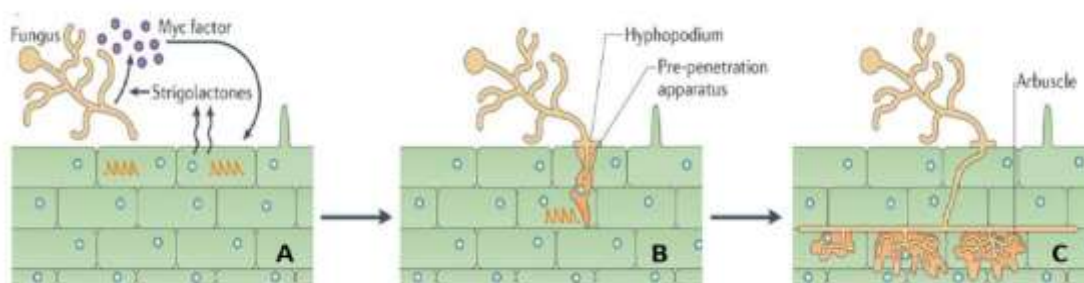
**Figura 1:** Estruturas do fungo micorrízico arbuscular em células corticais de raízes de milho cultivado em condições de campo. (a) vesículas, (b) hifas e (c) detalhe do arbúsculo e da hifa. Fonte: Gonçalves et al., 2016.



**Figura 2:** A: Esporos de *Rhizophagus clarus*; B: Esporos de *Racocetra gragaria*. Fonte: INVAM, 2019

A associação entre os FMAs e a planta hospedeira pode ocorrer através de um esporo germinado ou de um segmento de raiz infectado que possibilitarão o crescimento de uma hifa infectiva (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Na superfície

da raiz, a hifa infectiva se diferenciara em apressórios, penetrando o córtex da raiz, colonizando-a. Em seguida ocorre a proliferação do micélio fúngico bem como a diferenciação das hifas em arbúsculos, estabelecendo assim a simbiose (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Para que esse processo ocorra de forma efetiva, vários mecanismos celulares das plantas e dos fungos são acionados. Um desses mecanismos é o reconhecimento através da troca de sinais químicos liberados por ambos os simbiossantes na rizosfera, a planta libera Strigolactona (hormônio vegetal) que é reconhecido pelo fungo que por sua vez libera fatores micorrízicos (MIC), compostos que são reconhecidos pela planta hospedeira permitindo o estabelecimento da associação (Figura 3) (OLDROYD, 2013).



**Figura 3:** Colonização micorrízica. A: Emissão de sinais e reconhecimento entre planta e fungo; B: Formação de Hifopódio e do Aparato de pré-penetração; C: Invasão e colonização dos tecidos da raiz. Fonte: OLDROYD, 2013 modificado por SOUZA, 2018.

Uma vez estabelecida à simbiose, inicia-se o fluxo bidirecional entre os simbiossantes, onde o fungo fornece nutrientes para as plantas, que em contrapartida, destina carboidratos e lipídios ao fungo (FELLBAUM et al., 2014; KEYMER et al., 2017). Em relação à planta, são diversos os benefícios obtidos principalmente pelo aumento da área de absorção provocado pelo desenvolvimento micelar fúngico ao redor das raízes, contribuindo na absorção de água e nutrientes minerais, tais como o fósforo, zinco e cobre, elementos pouco móveis no solo (GEORGE et al., 1995; BRUNDRETT, 2002). Além dos efeitos nutricionais, são atribuídos às micorrizas arbusculares uma tolerância maior das plantas à presença de metais pesados no solo, estresse hídrico e a microrganismos fitopatogênicos (VERESOGLOU; RILLIG, 2011; GUO et al., 2013).

A associação com FMAs também traz diversos benefícios funcionais às plantas, principalmente no que tange o crescimento, estruturação e aumento da

biomassa vegetal, influenciando o último quanto à proporção e distribuição entre parte aérea e a raiz, conseqüentemente influenciando na produtividade do ecossistema. Autores já relataram existência de especificidade entre a planta hospedeira e os FMAs (POUYU-ROJAS et al., 2006) contudo, ainda são poucas as combinações fungo-planta descritas, fazendo-se presumir que está associação é inespecífica, havendo uma relação mais relevante entre os FMAs e o meio edáfico do que com o hospedeiro propriamente dito (SYLVIA et al., 1998). A incapacidade de associação micorrízica limita-se, até o momento, apenas a alguns membros das famílias das Cruciferae, Cyperaceae, Chenopodiaceae e Proteaceae, sendo estas consideradas plantas não micotróficas (BRUNDRETT et al., 1995).

A determinação da diversidade de FMAs é comumente realizada a partir da extração e identificação de esporos coletados diretamente do solo do campo ou de culturas armadilhas (LEAL et al., 2009; LEAL et al., 2013; SCORIZA et al., 2016; DOBO et al., 2017). A coleta diretamente do campo pode ser limitada pela baixa quantidade de esporos, presença de parasitismo e de estruturas subcelulares danificadas, dificultando sua identificação. Nestes casos, recorre-se ao procedimento de cultura armadilha, que consiste na multiplicando dos FMAs presentes em solo nativo em vasos com vários tipos de plantas hospedeiras e de substratos ou misturas destes (solo, areia, vermiculita, turfa, etc.), possibilitando a esporulação e recuperação de espécies de FMAs (STÜRMEER, 1999; LEAL et al., 2009).

A taxonomia dos FMAs é construída, principalmente, a partir das características morfológicas dos esporos como: cor, tamanho, forma, estrutura da parede e reação ao reagente de Melzer. Além disso, as estruturas germinativas bem como as características das hifas de sustentação podem contribuir com a identificação (MORTON, 1998). Atualmente, às técnicas moleculares estão cada vez mais bem definidas permitindo, inclusive, identificar FMAs no interior das raízes de plantas hospedeiras, revelando grande diversidade em vários ecossistemas (HUSBAND et al., 2002; GOLLOTTE et al., 2004; SUN et al., 2016).

## 2.2 DIVERSIDADE DE FMAS NO BRASIL

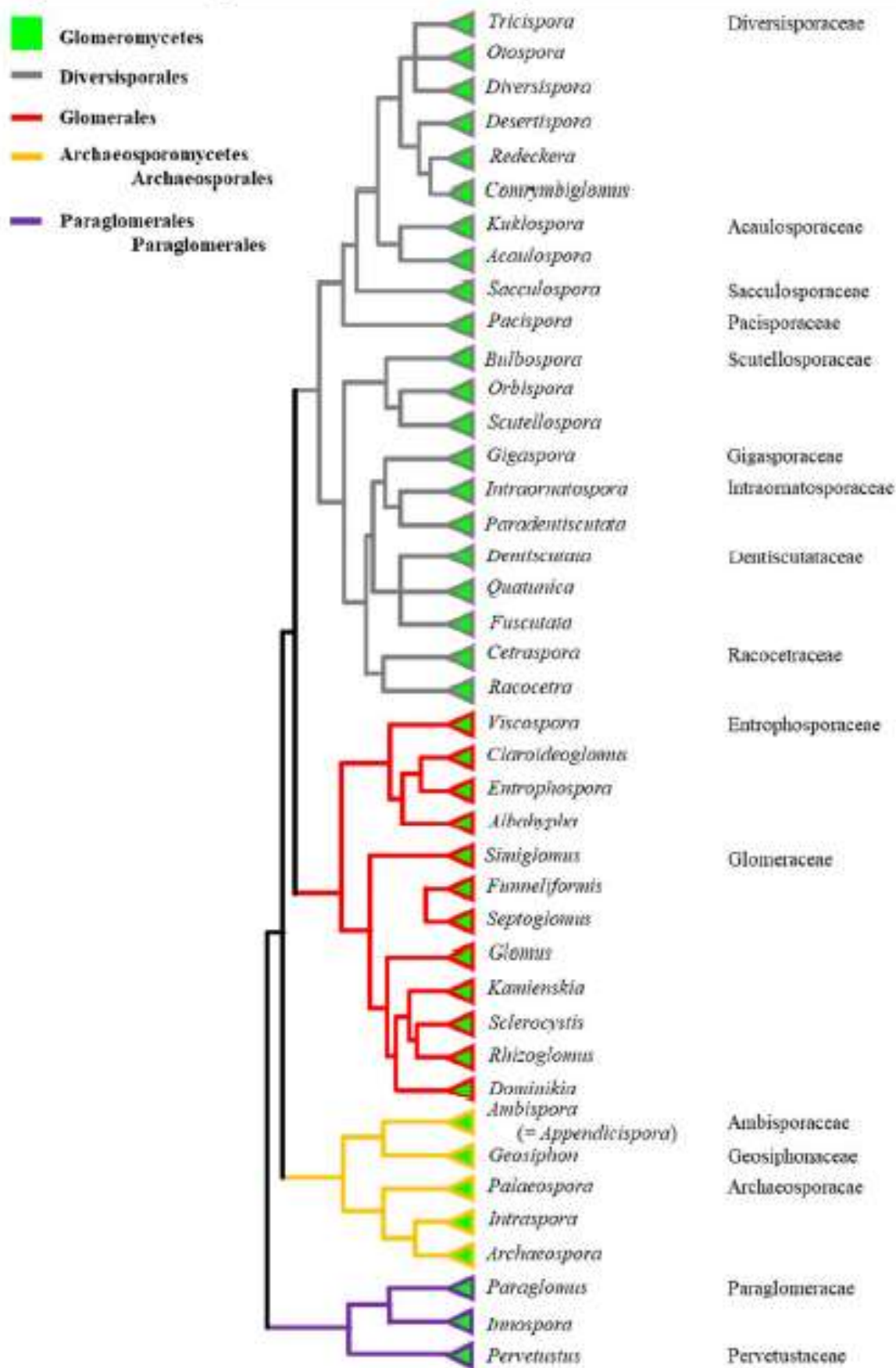
Avaliar a riqueza, diversidade e a dinâmica dos fungos micorrízicos arbusculares é essencial em estudos ecológicos. No entanto a eficiência de um levantamento de diversidade pode ser influenciada por vários fatores tais como clima, sazonalidade, latitude, produtividade do ecossistema e uso da terra (BEVER et al., 2001). Para avaliar a diversidade bem como a equitabilidade, que expressa à abundância relativa de espécies, assim como o grau de dominância, de uma espécie em relação a outras (ODUM, 1988; KENNEDY & SMITH, 1995) são comumente utilizados o índice de diversidade de Shannon-Wiener e o de dominância de Simpson, respectivamente. (PIELOU, 1983; SILVA et La., 2018; MORAES et al., 2019 ).

Os ecossistemas brasileiros se destacam como importantes fontes de diversidade de FMAs, sendo os Estados de São Paulo e Minas Gerais os que mais se sobressaem no estudo desses fungos, onde há predominância em avaliações quantitativas e qualitativas das populações fúngicas, eficiência simbiótica de fungos indígenas, sazonalidade e distribuição em função de características climáticas e edáficas (SIQUEIRA & KLAUBERG FILHO, 2000).

Em relação aos ecossistemas naturais 74% dos estudos tem se concentrado em áreas de Mata Atlântica e Caatinga (WINAGRASKI et al., 2019), mas os estudos em áreas agrícolas, que tem sido cada vez mais freqüente, perpassa por várias culturas diferentes como café, citrus, soja, banana, cana, feijão (ANGELINI et al., 2012; DURAZZINI et al., 2016; MELO et al., 2016; ORTEGA FORS et al., 2018).

Com o avanço das técnicas de identificação dos FMAs, avançaram o número de espécies descobertas, chegando hoje ao total de 317 espécies reconhecidas de FMAs (GOTO; JOBIM, 2019). De acordo com Berbara et al. (2013), quando o número total de espécies global ainda era em torno de 247 espécies, o Brasil continha cerca de 106 espécies deste total com maior representatividade, 75,6%, distribuída nas regiões de Caatinga, e o Nordeste representava 50% das espécies de Glomeromycota até então descritas no mundo (SILVA et al., 2014). Indicando, portanto, a região do Nordeste brasileiro como importante *hotspot* de diversidade desses fungos. Contudo, são restritos os relatos na literatura sobre diversidade taxonômica e funcional de FMAs em importantes agroecossistemas da região Nordeste do Brasil, como a cafeicultura.

O número de espécie conhecidos até o momento é subestimado por parte dos pesquisadores da área, uma vez que estes acreditam que esse número representa apenas 2 a 5% da diversidade real do grupo (BEVER et al., 2001; DOZTLER et al., 2006; 2009; KRINGS et al., 2007). A baixa diversidade taxonômica do grupo dos FMAs pode ser justificada devido ao tipo de reprodução exercida por esses fungos, assexuada, reduzindo assim a variabilidade genética bem como a taxa de especiação (SMITH; READ, 2008). Não obstante, o fato dos glomerosporos apresentarem células multinucleadas confere elevada variabilidade genética a um único esporo (KUHN; HIJRI; SANDERS, 2001; MARLEAU et al., 2011) permitindo plasticidade ao genoma deste fungo e, conseqüentemente, maior capacidade adaptativa (ANGELARD et al., 2014). Isso explica o fato de uma única espécie de FMA poder associar-se a diversas espécies vegetais, pois a partir de uma única raiz vegetal, várias espécies de FMAs podem se desenvolver (DEACON, 2006; SMITH; READ, 2008). Atualmente os FMAs fazem parte do filo *Glomeromycota* com 03 classes, 05 ordens, 16 famílias, 44 gêneros e 317 espécies. A árvore filogenética mais recente englobando a maior parte dos táxons está representada na (Figura 4), contudo essa filogenia ainda não é um consenso na comunidade científica (GOTO; JOBIM, 2019).



**Figura 4:** Árvore filogenética esquematizada. Fonte: GOTO; JOBIM, 2018 modificado por LIMA, 2018.

### 2.3 INFLUÊNCIA DE MANEJOS AGRÍCOLAS NA DIVERSIDADE DE FMAS

As práticas de manejo e uso do solo, juntamente com diversos fatores edáficos podem causar variações na estrutura da comunidade fúngica, alterando a diversidade e dominância das espécies de FMAs (SIQUEIRA et al., 1989; CASTILLO et al., 2016). De acordo com Gomide (2013), os aspectos ecológicos de vegetação podem explicar ainda melhor as variações de FMAs do que os fatores químicos do solo, trazendo uma reflexão quanto à importância da rotação de cultura e diversidade de plantas em um ecossistema para garantir de forma eficiente a riqueza dos FMAs.

Estudos diversos demonstraram que as práticas agrícolas têm impactos consideráveis nas comunidades de FMAs, principalmente no que tange a diversidade de espécies (CASTILLO et al., 2016). Dentre essas práticas, pode-se citar o manejo mecânico do solo, que quando feito de forma repetida e periódica, acarreta a destruição da rede micelial formada pelos FMAs; a utilização de defensivos agrícolas e cultivo de monoculturas (BERRUTI et al., 2014). A monocultura apresenta-se como uma forma de cultivo negativa, uma vez que, favorece a seleção e proliferação de simbioses fúngicos agressivos e menos cooperativos. Por conseguinte, a rotação de cultura propicia a presença de comunidades fúngicas menos parasíticas e aumenta a diversidade de espécies das comunidades (FESTER; SAWERS, 2011; GOMIDE, 2013).

O entendimento quanto à dinâmica das comunidades de FMAs em agrossistemas é de extrema relevância para se compreender os benefícios que esses fungos proporcionam a seus hospedeiros, assim como para estabelecer as melhores formas de manejo visando uma agricultura sustentável com redução do uso de insumos químicos e aumento da produtividade.

Na Bahia diversos estudos vêm tratando do tema no que tange diversidade e interação dos FMA com plantas em diversos tipos de manejos e ambientes degradados (SILVA et al., 2001; ARAÚJO et al., 2004; LINS et al., 2007). Pereira et al. (2018) estudaram as possíveis alterações nas comunidade de FMAs em três diferentes tipos de manejos florestais, percebendo que o manejo corte raso apresenta maior impacto negativo na diversidade e riqueza de FMAs.

Em um estudo realizado em lavouras de café com diferentes tipos de manejos para o controle de plantas espontâneas, presente nas entrelinhas foi possível perceber que algumas das técnicas utilizadas como a aplicação de roçadora, de grade e de capina manual foram as que mais favoreceram a manutenção dos propágulos de fungos micorrízicos arbusculares e a micorrização das plantas, contrariamente ao uso de herbicidas de pré-emergência (MELLONI et al., 2017). Bomfim et al. (2010) realizaram um estudo em cafeeiros de Vitória da Conquista-BA e, constataram que as culturas associadas com grevilea (*Grevillea robusta* A. Cunn) ou seja, arborizadas, e em época de seca apresentaram maior número de esporos micorrízicos, demonstrando que além do fator manejo, fatores como disponibilidade de água e clima influenciam diretamente na distribuição dos FMAs no solo.

#### 2.4 CULTURA DE CAFÉ E OS FMAS

A associação micorrízica, assim como para diversas outras culturas, é muito importante para a cultura do café. Os cafeeiros apresentam elevada dependência micorrízica, principalmente na fase de mudas em viveiros (THEODORO et al., 2003).

O café pertence ao gênero *Coffea* da família Rubiaceae e no Brasil duas espécies do gênero, *Coffea arábica* (café arábica) e a *Coffea canephora* (café robusta), são as mais trabalhadas no agronegócio, sendo a primeira mais valorizada e comercializada chegando a ocupar 81% da área total plantada no país, correspondente a 1.780.948,0 hectares (CONAB, 2017).

De acordo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2018), o Brasil totalizou na safra de 2017/2018, cerca de 2.202.626,9 milhões hectares de área plantada de café, sendo 286.482,1 mil hectares em formação e 1.916.144,8 milhões hectares em produção. Nesse cenário, o Brasil se encontra como o maior produtor mundial de café arábica e robusta, seguido pelo Vietnã e Colômbia, respectivamente (XIMENES; VIDAL, 2017). O estado da Bahia ocupa o quarto e primeiro lugar no ranking dos estados mais produtores de café do Brasil e do Nordeste, respectivamente, produzindo no ano de 2018 volume equivalente a 4,55 milhões de sacas de 60kg e, assim, atingiu a sua maior produtividade média com 35 unidades por hectare, o que lhe permitiu obter uma receita bruta da lavoura estimada em R\$ 1,6 bilhão (CONAB, 2018).



No Brasil, a cafeicultura é praticada, na sua maioria, como monocultura a pleno sol. Provavelmente, devido aos trabalhos iniciais que utilizaram sombreamentos intensos que afetaram fortemente a produtividade (VALENTINI et al., 2010). Contudo, os cafeeiros arborizados, termo utilizado para sistemas agroflorestais, tem se mostrado eficiente no que tange a ciclagem de nutrientes e incremento da matéria orgânica do solo (CAMPANHA et al., 2007), melhorando a estrutura e a fertilidade do mesmo (JARAMILLO-BOTERO et al., 2010). Os sistemas agroflorestais no cultivo do café também apresentaram resultados relevantes quanto à manutenção da diversidade de espécies de FMAs e quantidade de esporos, mostrando a importância do consórcio do café com plantas arbóreas (MULETA et al., 2007; DURAZZINI et al., 2016; DOBO et al., 2017). Sistemas de produção que adotem boas práticas de manejo e conservação do solo já estão entre as exigências para certificação e exportação de cafés especiais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS-BSCA, 2005; MATOS; MIRANDA, 2017).

Desde 1897, estudos confirmaram a presença de associações micorrízicas arbusculares em plantas de café (JANSE, 1897; LOPES et al. 1983). Recentemente, Muleta et al. (2007, 2008) analisaram a distribuição e abundância de esporos de FMAs da Etiópia, em sistemas de café monocultivo percebendo um elevado grau de ocorrência dos gêneros *Glomus* e *Acaulospora*. Em México, estudos ecológicos sobre os FMAs nos sistemas de produção de café analisaram a diversidade e abundância em raízes colonizadas sob diferentes manejos, onde de um total de 33 morfotipos encontrados os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* foram os mais freqüentes nas áreas analisadas (ARIAS et al., 2012). Colozzi-Filho e Cardoso (2000) observaram que a densidade de esporos e colonização micorrízica foram maiores em cafeeiros com leguminosas cultivadas nas entrelinhas, sendo o gênero *Acaulospora* o mais predominante.

Tristão et al. (2006) avaliaram a eficiência de fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de cafeeiro e perceberam que os melhores efeitos da micorrização ocorreram nas plantas colonizadas por *Gigaspora margarita* e cultivadas nos substratos convencional (solo + esterco), nas quais se verificou maior acúmulo e eficiência na utilização de P revertendo em maior crescimento e produção de biomassa. Além disso, no substrato solo + esterco, a micorrização também favoreceu a concentração de pigmentos

fotossintetizantes e diminuiu a atividade da fosfatase ácida nas folhas do cafeeiro, alterando fisiologicamente a planta. Além disso, plantas de café inoculadas com FMAs podem se desenvolver de forma mais tolerante aos efeitos negativos causados por alguns herbicidas (CARVALHO et al., 2014).

## 2.5 FEIJÃO-CAUPI E OS FMAS

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é originário da África, onde é amplamente cultivado, e no Brasil é uma espécie de grande importância da região Norte e Nordeste devido às características adaptativas às adversidades ambientais como altas temperaturas, podendo ainda se desenvolver em variados tipos de solos, sendo os arenosos com pH entre 5,5 e 6,5 os melhores (AGÊNCIA PRODETEC, 2009). O feijão-caupi, ou feijão de corda como também é conhecido, é considerado moderadamente tolerante à salinidade podendo suportar, sem perdas expressivas na produção, salinidade em torno de 4,9 dS m<sup>-1</sup> (49 mM de NaCl) (FAGERIA et al., 2010). A cultura apresenta elevada suscetibilidade à colonização micorrízica com respostas fisiológicas e estruturais positivas aos FMAs (ROHYADI et al., 2004; SILVA et al., 2009; CRUZ et al., 2017).

Para uma alta produtividade de grãos, além do controle da salinidade, é necessária, na maioria das vezes, a utilização de adubação fosfatada, dificultando maiores retornos econômicos (FAGERIA, 1990). O P é o macronutriente extraído em menor quantidade pela cultura do feijão-caupi, além de ser o nutriente mais limitado na maioria dos solos brasileiros (SAMPAIO; BRASIL, 2009). Embora o fósforo seja abundante nos solos, os solos tropicais são ricos, principalmente, em óxido de ferro (Fe) e alumínio (Al), e estes seqüestram os fósforos livres fixando-o, impossibilitando sua absorção pelos vegetais (SOUZA et al., 2010). Além disso, o fósforo é um nutriente altamente imóvel no solo, e por essa razão, sua aquisição pelas raízes torna-se difícil, chegando a gerar uma zona de depleção em torno da epiderme e do pelos radiculares, o que não é favorável a planta (JAVOT et al., 2007).

Um das alternativas para aumentar a eficiência das plantas na captura do fósforo é a produção de plantas transgênica que produzam ácidos orgânicos e fosfatases, que competem o Pi com os outros parceiros de ligação (XIAO; HARRISON; WANG 2005; XIAO et al., 2006). Outra opção é utilização de

adubação fosfatada, no entanto, o fosfato é um recurso natural não renovável e que no Brasil precisa ser importado de outros países devido à escassez de matéria-prima. Apesar das rochas fosfatadas estarem presente em 37 países, apenas quatro deles (China, Marrocos, EUA e Rússia) detêm 72% da produção mundial. E nesse contexto, o Brasil, entre os principais países agrícolas do mundo, é o que apresenta maior dependência externa por fertilizantes fosfatados (BENITES, 2015).

Contudo, estudos já têm demonstrado que a utilização dos FMAs em cultura de feijão-caupi pode potencializar a captação de fósforo, ainda que em baixa concentração no solo, refletindo no crescimento e produtividade da planta (SILVA et al., 2009). Cruz et al (2017) trabalhando com diferentes doses de fósforos e inoculação de *Scutellospora heterogama* e *Rhizoglosum clarum* (= *Glomus clarum*) na cultura do feijão-caupi, observaram que os isolados fúngicos proporcionaram incrementos para o crescimento e produção do caupi mesmo em doses 0 de fósforo, de modo que o uso da inoculação pode vir a proporcionar redução da dose de fosfato utilizado pelo agricultor, o que levará a uma redução dos custos de produção.

Em condições de estresse salino, a associação do feijão-caupi com as espécies de fungos micorrízicos *Glomus clarum*, *Glomus intraradices* e *Glomus AZ112* também apresentaram resultados relevantes, como o aumento significativo na absorção de fósforo, aumento na produção de massa seca aérea e diminuição da absorção de Na pela planta, que conseqüentemente diminuiu seus efeitos deletérios na parte aérea, constituindo uma excelente alternativa para o cultivo de feijão-caupi em áreas salinizadas (SANTANA et al., 2014).

Estudos realizados com solo proveniente de diferentes sistemas de uso na região do Alto Solimões, na Amazônia, apresentaram resultados relevantes quanto ao grau de micotrofismo do feijão-caupi, revelando efeitos positivos de colonização para várias espécies, demonstrando que o caupi é suscetível à colonização por uma ampla diversidade de FMAs, sendo que as espécies *Acaulospora foveata*, *Glomus sp.1*, *Acaulospora sp.1* e mistura dos dois primeiros mais *Entrophospora infrequens* e *Acaulospora bireticulata-like* apresentaram maior eficiência quando comparado a outras espécies (SILVA et al., 2009). Leal et al. (2009) também comprovaram a capacidade micotrófica do feijão-caupi quando essa planta foi utilizada como planta isca em culturas

armadilhas para acessar a diversidade de FMAs em solos sob diferentes sistemas de uso, na Amazônia.

### **3 OBJETIVOS**

3.1 OBJETIVO GERAL Caracterizar comunidades de FMAs (diversidade e abundância de esporos) em solos cultivados com café (a pleno sol e em agroflorestal), e em áreas de entorno sob pastagem e mata nativa (mata de cipó), localizadas no Planalto da Conquista, Bahia, a fim de empregar e avaliar a eficiência micorrízica dessas comunidades na promoção do crescimento do feijão-caupi, sob condições de casa de vegetação.

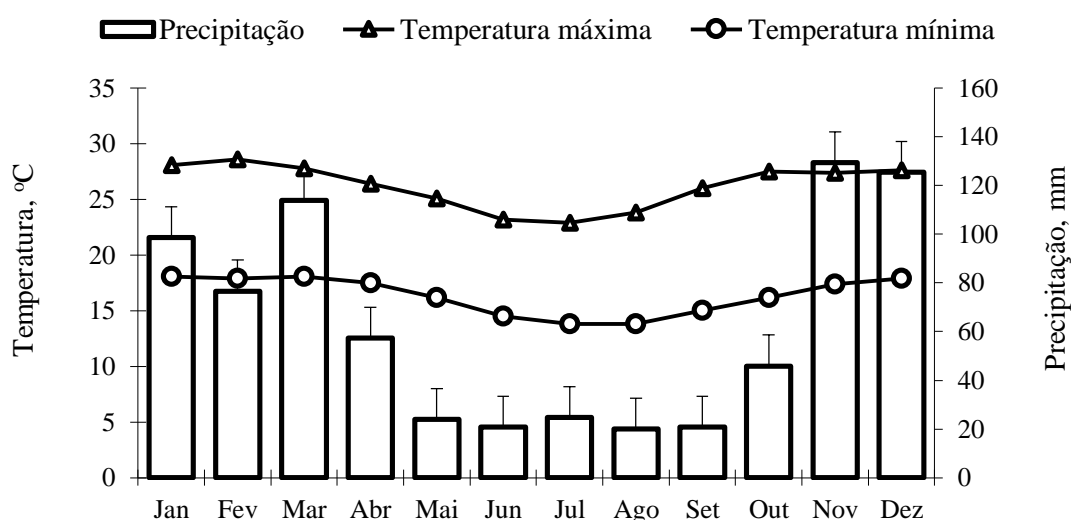
#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obter um inventário de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em áreas de cultivo do café sob diferentes manejos.
- Determinar a distribuição e estrutura das comunidades de FMAs em relação às características químicas do solo e ao uso da terra;
- Determinar a eficiência de comunidades de FMAs originados das áreas de estudo na promoção do crescimento do feijão-caupi.

## 4 MATERIAL E MÉTODO

### 4.1 ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Fazenda Vidigal, situada no município de Barra do Choça, BA a 14° 52' latitude sul e 40° 34' longitude oeste, a uma altitude de 847 metros. Segundo, KÖPPEN-GEIGER (1936) o clima característico da região é o tropical de altitude com chuvas no inverno e temperatura média do ar no mês mais quente maior que 22°C. De acordo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018) a média da precipitação pluviométrica da região é de 758 mm anuais, enquanto que a temperatura média anual fica entre 16,40 e 26,20 °C, com umidade relativa de 78,4% (Figura 5).



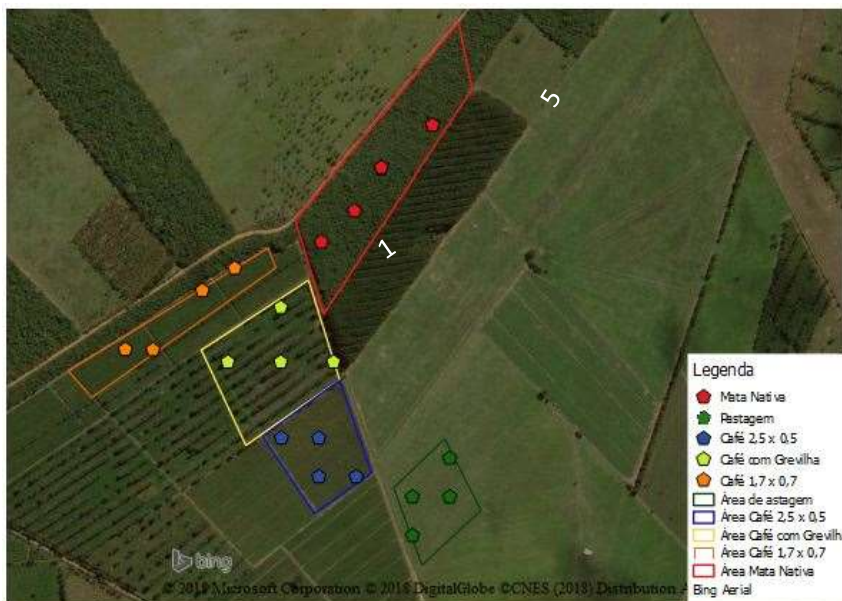
**Figura 5:** Médias anuais de precipitação, temperaturas máxima e mínimas (INMET, 2018).

### 4.2 AMOSTRAGEM DO SOLO

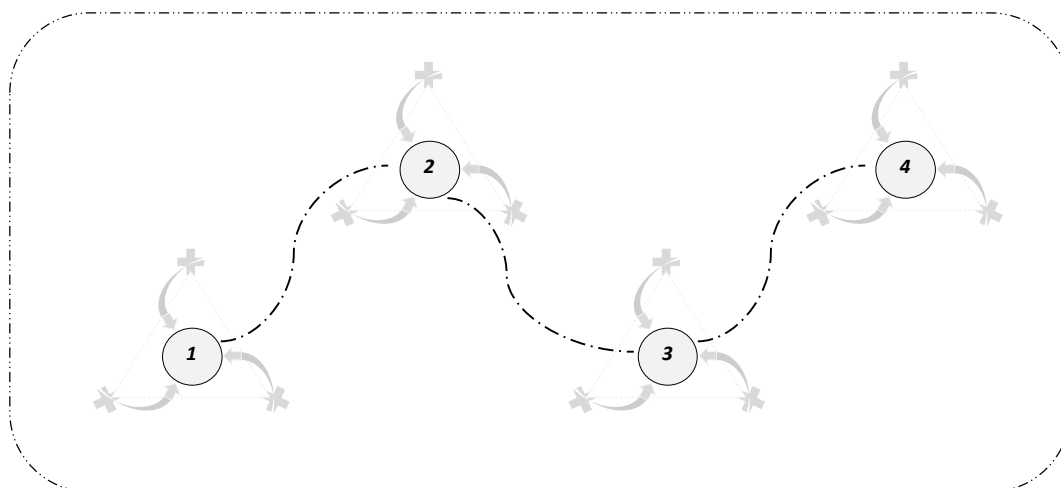
Amostras de solo foram coletadas com trado à profundidade de 0-20 cm em cinco unidades de amostragem (UAs), escolhidas com base nos diferentes tipos de manejos de café utilizados na região do Sudoeste da Bahia, bem como as possíveis alterações no solo de acordo com o manejo:

- a) **Área com Café Sombreado com Grevílea – CCG:** Esta área foi implantada há aproximadamente 10 anos, e possui cerca de 12 hectares, onde está instalada a segunda lavoura de café, cultivar Catucaí (IAC 144), em espaçamento de 2,0 x 0,5 m. As plantas de grevílea, atualmente com cerca de 10 a 12 metros de altura, foram plantadas a 20 anos atrás, espaçadas a 4 m entre plantas e 20,0 m entre as linhas, cujo objetivo era de proteger as plantas de café dos fortes ventos e minimizar a forte incidência solar, com a conseqüente formação de serrapilheira e aumento do teor de matéria orgânica no solo.
- b) **Área com Café em Espaçamento de 2,0 x 0,50 m – CE1:** Esta área possui cerca de quatro (4) hectares com café implantado no espaçamento de 2,0 x 0,5 m, sendo conduzido a pleno sol há mais de 10 anos.
- c) **Área com Café em Espaçamento de 1,70 x 0,70 m – CE2:** Esta área possui cerca de cinco (5) hectares com café implantado no espaçamento de 1,70 x 0,7 m, sendo conduzido a pleno sol há mais de 12 anos.
- d) **Área com Pastagem – PS:** Esta área possui aproximadamente 30 hectares cultivada com *Brachiaria brizantha* utilizado para criação de gado de corte.
- e) **Área com Vegetação Nativa - MN:** A vegetação é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana (Veloso et al., 1991; IBGE, 2012), conhecida regionalmente como mata de cipó. É uma área de cerca de 10 hectares, e trata-se de um fragmento dessa floresta nativa, a qual vem sendo suprimida pela instalação das lavouras de café, bem como outras atividades agrícolas na região. Basicamente é composta por plantas lenhosas de porte médio, variando entre 10 e 20 m, com característica marcadamente caducifólia, onde a presença das lianas (cipós) explica a denominação regional, embora a predominância seja de espécies da família Leguminosae.

Considerando que as UAs diferem em área total e formato (Figura 6), foi estabelecido, após o georefenciamento das mesmas, um transecto de cerca de 10 x 25 m (250 m<sup>2</sup>), dentro do qual procedeu-se o caminhamento em zigue-zague para marcação equidistante dos pontos de amostragem (Figura 7). Um total de quatro pontos, dentro de cada UA, foi determinado para que, ao redor destes, fossem estabelecidos os pontos de amostragem nos quais foram coletadas três amostras simples de solo. Sendo assim, para cada UA, foram coletadas quatro amostras compostas, sendo cada uma delas geradas por três sub-amostras.



**Figura 6:** Vista aérea da área de estudo e unidades de amostragem (UAs) representadas em áreas delimitadas de aproximadamente 250m<sup>2</sup>.



**Figura 7:** Esquema de coleta das amostras de solo. O ponto dentro do círculo foi georreferenciado. Os 3 pontos ao redor do ponto central representam as sub-amostras para compor a amostra composta.

Após a coleta, cada uma das amostras compostas foi acondicionada em sacos plásticos e posta em caixa de isopor para serem transportadas para o Laboratório de Microbiologia Industrial do Instituto Multidisciplinar em Saúde, do IMS/UFBA. Parte dessas amostras foi destinada para análises químicas e avaliação da abundância e riqueza de esporos de FMAs. A outra parte foi utilizada como solo inóculo, em ensaios de eficiência micorrizica em feijão-caupi.

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE SOLO

As análises químicas das amostras de solos foram efetuadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da UESB utilizando a metodologia proposta pela Embrapa (1997). Os atributos químicos analisados foram os seguintes: pH em H<sub>2</sub>O (1: 2,5 m v<sup>-1</sup>); Al, Ca e Mg [extraído por 1 mol de KCl L<sup>-1</sup> (1:10) e determinado por espectrometria de absorção atômica (Ca e Mg) e titulometria com NaOH (Al)]; P e K disponíveis [extraídos pela solução Mehlich<sup>-1</sup> e determinados por fotometria (K), colorimetria (P)].

### 4.4 EXTRAÇÃO E CONTAGEM DO NÚMERO DE ESPOROS NO SOLO

Amostras de solo direto do campo (50g), referentes aos tratamentos, foram repetidamente lavadas com água corrente e posteriormente peneiradas. As peneiras utilizadas possuem malha de nylon de 40-50µm (para esporos pequenos), 100µm (para esporos médios) e 250µm (para esporos grandes e esporocarpos). O material retido nas peneiras foi transferido para tubos contendo um gradiente de sacarose (20 e 60%) e centrifugados a 2000 rpm por um minuto. O sobrenadante foi lavado e passado em uma peneira de 50µm e os esporos retidos foram transferidos para uma placa de Petri e contados com o auxílio de uma lupa microscópica Nikon SMZ-U.

Os esporos selecionados foram separados por morfotipo e contados, em placas de Petri, e montados em lâminas com álcool polivinílico lactoglicerol (PVLG), para avaliação microscópica das características fenotípicas estruturais e identificação taxonômica, conforme descrição de espécies nas páginas do International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) (<http://www.invam.caf.wvu.edu>) e do Plant Pathology Department (<http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/>).

As diferenças nas comunidades FMAs entre áreas foram investigadas usando um conjunto de descritores da comunidade. O número de esporos foi contado para cada espécie e utilizado como uma medida da abundância de espécies. A soma do número de esporos para cada espécie em uma amostra produziu o número total de esporos. A frequência de ocorrência de espécies de FMA em cada área foi calculada como o número de amostras que uma espécie estava presente sobre o número total de amostras e expresso em porcentagem.



#### 4.5 EFICIÊNCIA DAS COMUNIDADES DE FMAS NA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DO *VIGNA UNGUICULADA* L. (FEIJÃO-CAUPI)

O experimento foi instalado em casa de vegetação, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, campus de Vitória da Conquista, para avaliar a colonização e efeitos de comunidades de FMAs provenientes das cinco UAs sobre o crescimento do feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp var. BR14 Mulato.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, onde foram analisadas duas espécies de FMAs em mistura (CR) (*Claroideoglossum etunicatum* (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler e *Rhizophagus clarus* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) C. Walker & A. Schüßler, pertencentes à coleção de FMAs da Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF) previamente escolhidos em função da responsividade em feijão-caupi e outras culturas (Cruz et al., 2017; Silva et al., 2017; Silva et al., 2009), um tratamento controle sem inoculação (NI), além das comunidades provenientes das cinco unidades amostrais, em que cada unidade amostral continha 4 pontos de coletas representando as repetições por UA, perfazendo um total de 66 parcelas experimentais.

Para o cultivo do feijão-caupi foram utilizados vasos de 3 kg contendo areia esterelizada em autoclave, a 121°C durante por 1 hora, por três ciclos, a fim de eliminar propágulos de FMAs nativos. Sementes do feijão-caupi foram tratadas assepticamente sendo imersas em solução de hipoclorito de sódio (2%) durante 2 minutos, seguidas de lavagem por seis vezes em água destilada estéril. A semeadura foi precedida da irrigação dos vasos e sendo colocadas seis sementes por vaso, a uma profundidade de 2 cm. Após germinação, foram mantidas três plantas por vaso.

Tratamentos envolvendo comunidades de FMAs provenientes das cinco unidades amostrais consistiram da adição de 100g de solo inóculo das UAs, disposto em camada entre porções da areia estéril, mais adição de 20 mL de solução nutritiva (HOOGLAND; ARNON, 1950) modificada, no quinto e décimo dia após a semeadura. No tratamento testemunha sem inoculação, foram adicionados 100g do solo inóculo esterilizado, para equilibrar as condições entre os tratamentos. Para o tratamento envolvendo FMAs referências (CR), foram aplicados 100 esporos de cada espécie, obtidos por peneiramento úmido e

centrifugação, mais adição de 20 mL de solução nutritiva, no quinto e décimo dia de experimento.

Após 80 dias de crescimento, as plantas foram retiradas dos vasos e avaliadas quanto à altura, sendo posteriormente separadas em parte aéreas e raízes. As raízes foram lavadas aproximadamente 1g de raízes frescas de cada planta foram retiradas para a coloração (PHILLIPS & HAYMANN, 1970) e determinação da percentagem de colonização micorrízica (GIOVANETTI & MOSSE, 1980). Logo após, a parte aérea e raízes foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 60 °C até atingirem peso constante, em seguida, foram pesadas, obtendo-se a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raízes (MSR) e matéria seca total (MSPA+MSR). A MSPA das plantas foi moída e analisada quimicamente quanto aos teores de N e P, conforme Zarosky & Baurau (1977) e Malavolta et al. (1997).

#### 4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade e em seguida realizados as análises de variância e teste de médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5%, usando-se o programa estatístico SISVAR.

Os dados de abundância total de esporos foram  $\log(x + 1)$  transformados antes da análise para atender à normalidade e homogeneidade de variância. As diferenças nas propriedades químicas do solo, abundância total de esporos e riqueza de espécies entre as UAs foram testadas usando uma análise de variância unidirecional (ANOVA) após o teste post hoc de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ) e tratando o número de pontos de amostragem coletados em cada área como replica. A riqueza de espécies de FMA foi determinada pela contagem de espécies de fungos por amostra de solo. O número de esporos foi usado para calcular o índice de diversidade de Shannon ( $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ), em que  $P_i$  é a abundância relativa de esporos da espécie, considerando todas as espécies) e a uniformidade de Pielou ( $J' = H' / H'_{\max}$ ) em que  $H'_{\max}$  é o log do número total de espécies utilizando o software PAST (PAleontological STatistics) (HAMMER et al., 2001; MAGURRAN, 2004).

Análises multivariadas foram aplicadas usando PCORD 6.0 para inferir relações entre abundância de esporos de FMA e propriedades do solo. Utilizou-

se primeiro a análise de correspondência destendenciada (DCA) para os dados variáveis de resposta (abundância de esporos) para estimar a heterogeneidade da abundância de espécies ao longo do comprimento do gradiente. Após confirmar o comprimento do gradiente no primeiro eixo DCA, foi realizada análise de componentes principais (PCA) para inferir relações entre abundância de esporos de FMA e propriedades do solo. Análises multivariadas foram aplicadas a espécies de FMA com frequência de ocorrência superior a 10%.

## REFERENCIAS

Agência Prodetec. 2009. **Feijão caupi tem grande potencial de produção e lucro no meio norte**. Disponível em: < [http://agenciaprodetec.com.br/estudos-e-pesquisas/109 feijaocaupi-tem-grande-potencial-de-producao-e-lucro-no-meio-norte-.html](http://agenciaprodetec.com.br/estudos-e-pesquisas/109_feijaocaupi-tem-grande-potencial-de-producao-e-lucro-no-meio-norte-.html)>. Acesso em: 20 julho 2019

ANGELARD, C.; TANNER, C. J.; FONTANILLAS, P.; HIRZEL, H. N.; MASCLAUX, F.; SANDERS, I. R. Rapid genotypic change and plasticity in arbuscular mycorrhizal fungi is caused by a host shift and enhanced by segregation. **The International Society for Microbial Ecology Journal**, v. 8, p. 284-294, 2014.

ANGELINI GAR, LOSS A, PEREIRA MG, TORRES JLR & SAGGIN JÚNIOR OJ. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. *Semina: Ciências Agrárias*, 33:115-130, 2012.

ARAÚJO, C. V. M.; ALVES, L. J.; SANTOS, O. M.; ALVES, J. M. Micorriza arbuscular em plantações de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell no litoral norte da Bahia, Brasil. **Acta bot. bras.** 18(3): 513-520. 2004

ARIAS, R. M.; ABARCA, G. H.; SOSA, V. J.; RAMIREZ, L. E. Diversity and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores under different coffee production systems and in a tropical montane cloud forest patch in Veracruz, Mexico. **Agroforest Syst**, n 85: P. 179–193, 2012.

Associação Brasileira de Cafés Especiais – BSCA. **Qualidade do café para exportação**.2005. Disponível em: < <http://bsca.com.br/a-bsca>> Acesso em: 05.08.2019

BENITES, V. M. A importância da pesquisa na avaliação da eficiência das tecnologias em fertilizantes fosfatados no Brasil. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2015.

BERBARA, R. L. L.; GOTO, B. T.; NOBRE, C. P.; COVACEVICH, F.; FONSECA, H. M. A. C. Arbuscularmycorrhizalfungi: essentialbelowgroundorganisms in tropical dryenvironments. IN: SANCHEZ-AZOFEIFA, A.; POWERS, J. S.; FERNANDES, G. W.; QUESADA, M. (ORG). **Tropical dry forests in the americas: ecology, conservation, and management**.Flórida :crc Press, v. 1, p. 237-248, 2013.

BERRUTI A, LUMINI E, BALESTRINI R, BIANCIOTTO V. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: Let's benefit from past successes. **Front Microb**, v. 6, p: 1559, 2016.

BERRUTI, A., R. BORRIELLO, A. ORGIAZZI, A.C. BARBERA, E. LUMINI, AND V. BIANCIOTTO. Arbuscular mycorrhizal fungi and their value for ecosystem management, biodiversity - **The dynamic balance of the planet**, 2014.

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**, v.84, 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. **Bioscience**, v. 51, p. 923-931, 2001.

BONFIM, J. A.; MATSUMOTO, S. N.; LIMA, J. M.; CÉSAR, F. R. C.; SANTOS, M. A. F. Fungos micorrízicos arbusculares (fma) e aspectos fisiológicos em cafeeiros cultivados em sistema agroflorestal e a pleno sol. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.1, p.201-206, 2010.

BREUNINGER, M.; EINIG, W.; MAGEL, E.; CARDOSO, E.; HAMPP, R. Mycorrhiza of Brazil Pine (*Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze.). **Plant Biology**, v.2, p.4-10, 2000.

BRUNDETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advanced Ecological Research**, London, v. 21, p. 171-313, 1991.

BRUNDETT, M. C.; ASHWATH, N.; JASPER, D. A. Mycorrhizas in the kakadu region of tropical Australia. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 184, n. 1, p. 173-184, 1995.

BRUNDRETT MC. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. **New Phytologist**, v. 154, p. 275-304, 2002.

CAMPANHA, M. M. et al. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura na zona da mata, MG. **Revista Árvore, Viçosa**, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.

CARNEIRO, R. F. V. et al. Atributos dos Fungos Micorrízicos Arbusculares como Indicadores de Áreas Degradadas e em Recuperação. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016.

CARRINO-KYKER, S. R.; KLUBER, L. A.; COYLE, K. P.; BURKE, D. J. Detection of phosphate transporter genes from arbuscular mycorrhizal fungi in mature tree roots under experimental soil pH manipulation. **Symbiosis**, v. 72, n. 2, p. 123 – 133, 2017.

CARVALHO, F. P.; FRANÇA, A. C.; FRANCO, M. H.; AVELAR, M.; MOREIRA, A. O.; ALECRIM, A. O.; SANTOS, J. B. Sensibilidade de plantas de café micorrizadas à herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.2, p.134-142, mai./ago. 2014

CASTILLO, C.G; BORIE, F; OEHL, F; SIEVERDING, E. Arbuscular mycorrhizal fungi biodiversity: prospecting in Southern-Central zone of Chile. A review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, n. 16 (2), 400-422, 2016.

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

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. v. 5– Safra 2018, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-84, dezembro de 2018.

CONAB. **Pespectiva para a agropecuária**. v. 5– Safra 2017,- Quarto levantamento, Brasília, p. 1-84, dezembro de 2017.

CRUZ, E. C.; SOBREIRA, A. C.; BARROS, D. L., GOMIDE, P. H. O. Doses de fósforo e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e produção do feijão-caupi em Roraima. **Bol. Mus. Int. de Roraima**. ISSN (online): 2317-5206. v 11, N.(1), P: 21– 28, 2017

DEACON, J. **Fungal Biology**. 4. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006, 371 p.

DOBO, B.; ASEFA, F.; ASFAW, Z. Effect of tree-enset-coffee based agro-forestry practices on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) species diversity and spore density. **Agroforestry Systems**, v. 92(48), 2017.

DOTZLER, N; WALKER, C.; KRIGS, M.; HASS, H.; KERP, H.; TAYLOS, T. N.; AGERER, R. Acaulosporoid glomeromycotan spores with a germination shield from the 400-million-year-old Rhynie chert. **Mycological Progress**, v. 8, p. 9-18, 2009.

DOTZLER, N.; KRINGS, M.; TAYLOR, T. N.; AGERER, R. Germination shields in Scutellospora (Glomeromycota: Diversisporales, Gigasporaceae) from the 400 million-year-old Rhynie chert. **Mycological Progress**, v. 5, p. 178-184, 2006.

DURAZZINI, A. M. S.; TEIXEIRA, M. A.; ADAMI, A. A. V. Quantificação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em solo sob diferentes cultivos de cafeeiros. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 8, n. 4, p. 83-91, dez. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. S.; GHEYI, H.R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicativos**. Fortaleza: INCT Sal, p. 205-218, 2010.

FAGERIA, N. K. Calibração de análise de fósforo para arroz em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 4, p. 579-586, 1990.

FAQUIN V; ANDRADE AT. 2004. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE. 88p. LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicativos**. Fortaleza: INCT Sal, p. 205-218, 2010.

FELLBAUM, C.R.; MENSAH, J.A.; CLOOS, A.J.; STRAHAN, G.E.; PFEFFER, P.E.; KIERS, E.T.; BÜCKING, H. Fungal nutrient allocation in common mycorrhizal networks is regulated by the carbon source strength of individual host plants. **New Phytologist**, v.203, p.646-656, 2014

FERNANDES, R. A. **Impacto de usos de um Latossolo Vermelho de cerrado sobre a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2009.

FESTER, T.; SAWER, R. Progress and Challenges in Agricultural Applications of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Volume 30, 2011.

GEORGE, E.; MARSCHNER, H.; JAKOBSEN, I. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Uptake of Phosphorus and Nitrogen From Soil. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 15, n. (3/4), p. 257-270, 1995.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring VA mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

GOLLOTTE, A.; VAN TUINEN, D & ATKINSON, D. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonising roots of the grass species *Agrostis capillaris* and *Lolium perenne* in a field experiment. **Mycorrhiza**, v. 14, p. 111-117, 2004.

GOMIDE, O. H. O. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

GONÇALVES, A. B. S.; GOMES, E. A.; LANA, U. G. P.; SOUSA, S. M.; GUIMARÃES, C. T. Estabelecimento de Metodologia para Análise e Quantificação da Colonização por Fungo Micorrízico Arbuscular em Milho. **XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 2016.

GOTO, B. T.; JOBIM, K. **Laboratório de Biologia de Micorrizas**. Disponível em: < <http://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas> >. Acesso em: 10.10.2018.

GOTO, B. T.; JOBIM, K. **Laboratório de Biologia de Micorrizas**. Disponível em: < <http://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas> >. Acesso em: 19.09.2019.

GUO, W.; ZHAO, R.; ZHAO, W.; FU, R.; GUO, J.; BI, N.; ZHANG, J. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) grown in rare earth elements of mine tailings. **Applied Soil Ecology**, v.72 p. 85– 92, 2013.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.A. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologica Electronica**, vol. 4, issue 1, art. p. 4:9, 178 kb, 2001.

HELGASON T, DANIELL TJ, HUSBAND R, FITTER AH, YOUNG JPW. Ploughing up the wood-wide web? **Nature**, p. 394:431, 1998.

HOOGLAND, D. C.; ARNON, D. I. The water culture method of growing plants without soil. **Berkeley: University of California**, 32 p, 1950.

HUSBAND, R., HERRE, E.A., TURNER, S.L., GALLERY, R. & YOUNG, J.P.W. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi and patterns of host association over time and space in a tropical forest. **Molecular Ecology**, 11, 2669– 2678, 2002.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2017. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/portal/index.php? r=bdmep/bdmep](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep)>. Acesso em: 27 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro, 271 p, 2012.



INVAM, 2019. The international bank for the Glomeromycota. <https://invam.wvu.edu/collection>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.

JANSE, J.M. Les endophytes, radicaux de quelques plantes Javanaises. **Ann. Jard. Bot. Buitenzorg.**, 14: 53-212, 1897.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R.H.S.; MARTINEZ, H.E.P.; CECON, P.R.; FARDIN, M.P. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agricola**, v.67, p.639-645, 2010

JAVOT, H. A *Medicago truncatula* phosphate transporter indispensable for the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **PNAS**, v. 104, n. 5, p. 1720 – 1725, 2007.

KENNEDY, A. C.; SMITH, K. L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 170, n. 1, p. 75-86, Mar. 1995.

KEYMER, A, PIMPRIKAR, P, WEWER, V, HUBER, C, BRANDS, M, BUCERIUS, S. L, DELAUX, P. M, KLINGL, V, RÖPENACK-LAHAYE, E. V, WANG, T. L, EISENREICH, W, DÖRMANN, P, PARNISKE, M, GUTJAHR, C. Lipid transfer from plants to arbuscular mycorrhiza fungi. **eLife**, v. 6, e-29107, 2017.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: **Köppen W, Geiger R (eds) Handbuch der Klimatologie. Gebrüder Borntraeger**, Berlin, p 1–44, 1936.

KRINGS, M.; TAYLOR, T. N.; HASS, H.; KERP, H.; DOTZLER, N.; HERMSEN, E. J. Fungal endophytes in a 400-million-yr-old land plant: infection pathways, spatial distribution, and host responses. **New Phytologist**, v. 174, p. 648-657, 2007.

KUHN, G.; HIJRI, M.; SANDERS, I. R. Evidence for the evolution of multiple genomes in arbuscular mycorrhizal fungi. **Nature**, v. 414, p. 745-748, 2001.

LEAL, P.L.; STÜRMER, S.L. & SIQUEIRA, J.O. Occurrence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from soils under different land use systems in the Amazon, **Brazil. Braz. J. Microbiol.**, 40:111-121, 2009.

LEAL, P.L.; SIQUEIRA, J.O.; STÜRMER, S.L. Switch of tropical Amazon forest to pasture affects taxonomic composition but not species abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungal community. **Applied Soil Ecology**, v. 71, p: 72–80, 2013.

LINS, C. E. L.; MAIA, L. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; VALADARES, E.; SAMPAIO, V. S. B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de mudas de *Leucaena leucocephala* (LAM.) De wit. Em solos de caatinga sob impacto de mineração de cobre. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.2, p.355-363, 2007.

LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A.M.L.; MORAES, F.R.P. Efeito da inoculação do cafeeiro com diferentes espécies de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.2, p.137-141, 1983.

LOSS, A.; ANGELINI, G. A. R.; PEREIRA, A. C. C.; LÃ, O. R.; MAGALHÃES, M. O. L.; SILVA, E. M. R.; JUNIOR, O. J. S. Atributos químicos do solo e ocorrência



de fungos micorrízicos sob áreas de pastagem e sistema agroflorestal, Brasil. **Acta Agronômica**, v. 58, n. 2, p. 91-95, 2009.

MAGURRAN AE. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton, NJ: Princeton University Press; 1988.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. POTAFOS. Piracicaba. 201p, 1997.

MARINS, J. F.; CARRENHO, R. Arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate fungi in plants associated with aquatic environments. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n (2), p: 295-308, 2017.

MARLEAU, J.; DALPÉ, Y.; ARNAUD, M.; HIJRI, M.. Spore development and nuclear inheritance in arbuscular mycorrhizal fungi. **BMC Evolutionary Biology**, v. 11, p. 51, 2011.

MATOS, P. S.; MEIRELES, I. E.; MATSUMOTO, S. N.; RAMOS, P. A.; SILVA, T. M.; GONÇALVES, A. N.; VALE, E. S.; PEREIRA, L. F.; OLIVEIRA, U. S.; TEXEIRA, E. C.; GODOI, R. L.; ALVES, J. R.; GUGÉ, R. M; JÚNIOR, E. M; ALMEIDA, C. S. Caracterização do estoque de carbono para estimativa de biomassa de cafeeiros associados à grevilea. **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil** – ISSN: 1984-9249, Vitória – ES, 2019.

MATOS, M.; MIRANDA, M. CECAFÉ e CETCAF: Juntos para uma cafeicultura cada vez mais sustentável. **Revista Cafeicultura**, 2017.

MELLONI, R.; SILVA, E. M.; ALVARENGA, M. I. N.; MELLONI, E.G.P.; ALCÂNTARA, E. N. Impacto do controle de plantas espontâneas sobre propágulos de fms e micorrização de cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 207 - 215, abr./jun. 2017.

MELO, K. G. P.; SILVA, A. R.; MELO, A. M. Variedades de Citrus podem afetar a comunidade de fungos do solo?. **Comunicata Scientiae** 7(2): 167-174, 2016.

MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos Solos dos Cerrados**. Palanaltina: Embrapa-CPAC, 1997. 524p.

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

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. UFLA/FAEPE, Lavras. 729 p, 2002.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. UFLA/FAEPE, 2 edição, Lavras. 626 p, 2006.

MORTON, J.B. Evolution of fungi in Glomales. In: **International Vesicular and Arbuscular Mycorrhizal Fungi Collection**, 1998. Disponível: <http://www.invam.caf.wvu.edu>. consultado em nov. 1998

MOURA, J. B. **Diversidade e Colonização Micorrízica em Diferentes Usos do Solo Cerrado**. Tese (Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária) Universidade de Brasília, 2015.

MULETA, D.; ASSEFA, F.; NEMOMISSA, S.; GRANHALL, U. Distribution of arbuscular mycorrhizal fungi spores in soil of southwestern Ethiopia. **Biology and Fertility of Soils**, 44:653–659, 2008.

MULETA, D.; ASSEFA, F.; NEMOMISSA, S.; GRANHALL, U. Composition of coffee shade tree species and density of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores in Bonga natural coffee forest, southwestern Ethiopia. **Forest Ecology and Management**, N. 241, P.145–154, 2007.

ODUM, E. P. **Ecologia**. São Paulo: Guanabara, 1988. 330 p.

OLDROYD, G. E. D. Speak, friend, and enter: Signalling systems that promote beneficial symbiotic associations in plants. **Reviews**, v. 11, p. 252 – 263, 2013.

OLIVEIRA, A.P.; CARDOSO, M.O.; BARBOSA, L.J.N.; SILVA, J.E.L.; MORAIS, M.S. Resposta do feijão-vagem a P2 O5 em solo arenoso com baixo teor de fósforo. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v.23, n.1, p.128-132, jan.-mar. 2005.

PEREIRA, J. E. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; SCORIZA, R. N.; JUNIOR, O. J. S.; GOMES, V. S. Arbuscular mycorrhizal fungi in soils of arboreal Caatinga submitted to forest management. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n.1, p. 5497, 2018.

PHILLIPS, J.M.; HAYMANN, D.S. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscularmycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactionsof British MycologicalSociety**, v. 55, n. (1), p. 158-161, 1970.

PIELOU, E. C. Population and community ecology: principles and methods. **New York: Gordon & Breach**, 1983. 424 p.

POUYU-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J. O.; SANTOS, J. G. D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicosarbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 413-424, 2006

REDECKER, D.; SCHÜßLER, A.; STOCKINGER, H.; STÜRMER, S.; MORTON, J.; WALKER, C. An evidence-based consensus for the classification of arbuscularmycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**, v. 23, n. 7, p. 515-531, 2013.

ROHYADI, A.; SMITH, F.A.; MURRAY, R.S.; SMITH, S.E. Effects pH on mycorrhizal colonisation and nutrient uptake in cowpea under contitions that minimise confounding effects of elevated available aluminium. **Pant and Soil**, 260(1-2): 283-290, 2004.

SAMPAIO, L. S.; BRASIL, E. C. **Exigência nutricional do feijão caupi**. Embrapa Amazônia Oriental - Artigo em anais de congresso (ALICE), 2009.

SANTANA, W. D.; CUNHA, K. M.; SILVA, N. R.; SILVA, J.; TAVARES, R. C. Desempenho do feijão-caupi (*vigna unguiculata* (l. walp) associado a fungos micorrízicos arbusculares em ambiente salino. **Amazon Soil – I Encontro de Ciência do Solo da Amazônia Oriental**, p. 73-80., 2014.

SCHUBLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, Maryland. V. 105, n. 12, p. 1413 – 1421. 2001.

SCORIZA, R. N.; CORREIA, M. E. F. C.; SILVA, E. M. R. Colêmbolos e fungos micorrízicos arbusculares como indicadores de degradação em fragmentos florestais de encosta. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 59, n. 4, p. 386-392, out./dez. 2016.

SILVA, G. A.; MAIA, L. C.; SILVA, F. S. B.; 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. **Revta brasil. Bot.**, São Paulo, V.24, n.2, p.135-143, jun. 2001

SILVA, G. A.; SIQUEIRA, J. O.; STURMER, S. L. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos sob diferentes sistemas de uso na região do Alto Solimões na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 3, p: 477-488, 2009.

SILVA, E. V. N.; LIMA, C. E. P.; OLIVEIRA, W. S.; MERGULHÃO, A. C. E. S.; FIGUEIREDO, M. V. B. Arbuscular mycorrhizal fungi activity in Haplic Luvisol on the semi-arid region of Pernambuco – Brazil. **Revista Ciencia Agrária**, v. 60, n. 2, p. 185-191, abr./jun. 2017.

SILVA, S. V.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; BERBARA, R. L. L. Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares e glomalina em ecossistemas de Mata Seca, Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, Vol 117 (1): 13-21, 2018.

SMITH, S. E.; READ, D. **Mycorrhizal Symbiosis**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2008. 787 p.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas: Forma e Função. **In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS**, Lavras-MG. (Programa e Resumos), ESAL-FEA-PE-CAPES, , p. 13-14, 1986.

SIQUEIRA, J.O. Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-arbusculares: alguns aspectos da relação fungo-planta e absorção de fósforo. **In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS**, 1991, Mendes-R J. (Programa e Resumos), EMBRAPA/CNPBS-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 204 p. p. 105-131, 1991.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p. 1499-1506, 1989.

SIQUEIRA, J.O; KLAUBERG-FILHO, O. Micorrizas arbusculares: A pesquisa brasileira em perspectiva. In: Novais, R.F., Alvarez, V.H. and Schaefer, C.E.G.R., Eds., **I Tópicos em ciências do solo**, SBCS, Vicosa, 235-264, 2000.

Smith, S.E. and Read, D.J. Arbuscular Mycorrhizae. In Smith, S.E. and Read, D.J., Eds., **Mycorrhizal Symbiosis**, 3rd Edition, Academic Press, London, 2008.

SOUZA, F. A., STÜRMER, S. L., CARRENHO, R. & TRUFEM, S. F. B. 2010. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J. O., SOUZA, F. A., CARDOSO, E. J. B.

N. & TSAI, S. M (Eds.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA

SOUZA, J. O. **Ocorrência de fungos micorrizicos arbusculares (fma) em diferentes tipologias florestais do estado de pernambuco**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Recife, BR-PE, 2018.

STÜRMER, S.L. & BELLEI, M.M. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina, Brazil. **Can. J. Bot.**, 72:359-363, 1994.

STURMER, S. L. Evolução, classificação e filogenia dos fungos micorrízicos arbusculares. In. : SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 797-817.

STÜRMER, S.L. & SIQUEIRA, J.O. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazilian ecosystems. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. & BRUSSAARD, L., eds. **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Oxfordshire, CABI, p.206-236, 2006.

SUN, Y.; ZHANG, X.; WU, Z.; HU, Y.; WU, S.; CHEN, B. The molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the arsenic mining impacted sites in Hunan Province of China. **Journal of Environmental Sciences**, V. 39, P: 110-118, 2016.

SYLVIA, D. M.; ALAGELY, A.; CHELLEMI, D.; DEMCHENKO, L. Arbuscular mycorrhizal fungi influence tomato competition with bahiagrass, **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 34, n. 6, p. 448-452, 1998.

TAFFOUO, V. D.; NGWENE, B.; AKOA, A.; FRANKEN, P. Influence of phosphorus application and arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, foliar nitrogen mobilization, and phosphorus partitioning in cowpea plants. **Mycorrhiza**, v.24, p:361–368, 2014.

Theodoro V. C. A, Alvarenga M. I. N, Guimarães, J.; Mourão Junior, M. Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solo sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros. **Acta Scientiarum: Agronomy**, 25:147-153, 2003.

TRISTÃO, F. S. M.; ANDRADE, S. D. L.; SILVEIRA, A. P. D. Fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de cafeeiro, em substratos orgânicos comerciais. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.4, p.649-658, 2006

VALADARES, R. B. S.; MESCOLOTTI, D. L. C.; CARDOSO, E. J. B. N. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

VALENTINI, L. S. P.; CAMARGO, M. B. P.; ROLIM, G. S.; SOUZA, P. S.; GALLO, P. B. Temperatura do ar em sistemas de produção de café arábica em monocultivos e arborizados com seringueira e coqueiro anão na região de Mococa-SP. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 1005-1010, 2010.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE, 124 p, 1991.

VERESOGLOU, S. D.; RILLIG, M. C. Suppression of fungal and nematode plant pathogens through arbuscularmycorrhizal fungi. **Biology Letters.**, v.8, p. 214–217, 2011.

WALTER, F.; NIEMANN, H.; NATARAJAN, M.; LEHMANN, M. F. Mycorrhizal Networks: Common Goods of Plants Shared under Unequal Terms of Trade. **Plant Physiology**, Vol. 159, pp. 789–797, 2012.

WINAGRASKI, E.; KASCHUK, G.; MONTEIRO, P. H. R.; AUER, G.; HIGA, A. R. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in forest ecosystems of Brazil: a review. **CERNE**, v. 25, n.1, p. 25-35, 2019.

XIAO K., HARRISON M.J. & WANG Z.Y. Transgenic expression of a novel *M. truncatula* phytase gene results in improved acquisition of organic phosphorus by *Arabidopsis*. *Planta* **222**, 27–36, 2005.

XIAO, K.; JATAGI, H.; HARRISON, M.; WANG, Z. Improved phosphorus acquisition and biomass production in *Arabidopsis* by transgenic expression of a purple acid phosphatase gene from *M. truncatula*. *Plant Science* 170, P 191–202, 2006.

XIMENES, L. J. F.; VIDAL, M. F. Produtor de café no Brasil: mais agro e menos negócio. **Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE**, Ano 2, n. 12, agosto, 2017.

ZAROSKY, R.J.; BURAU, R.G. A rapid nitric perchloric acid digestion method for multi element tissue analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 8, n. (5), p. 425- 436, 1977.

## CAPÍTULO 1

### **Composição das comunidades de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) sob diferentes sistemas de produção de café e áreas do entorno em uma região de altitude na Bahia**

**Roberta de Souza Santos<sup>1</sup>, Divino Levi Miguel<sup>3</sup>, Sidney Luiz Sturmer <sup>4</sup>, Patrícia Lopes Leal<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Multidisciplinar em Saúde, Universidade Federal da Bahia, Vitória da Conquista, BA, Brasil

<sup>2</sup> Endereço para correspondência: (email: [lealpat@yahoo.com.br](mailto:lealpat@yahoo.com.br))

<sup>3</sup> Universidade Estadual da Bahia, Vitória da Conquista, BA, Brasil

<sup>4</sup> Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, SC, Brasil

**Resumo:** A estrutura das comunidades de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em áreas cultivadas com café no Nordeste brasileiro têm sido pouco estudados. Assim, objetivou-se investigar a ocorrência e diversidade de FMAs em solos cultivados com café sob diferentes manejos (arborizado com grevilea e a pleno sol com espaçamentos de 1,70 x 0,70 cm e 2,50 x 0,50 cm), e em solos do entorno de área de pastagem e mata nativa (mata de cipó), localizadas no município de Barra do Choça, Bahia, Brasil. Esporos de 43 morfotipos de FMAs foram recuperados e identificados das amostras de solo referentes às áreas de coleta, distribuídos entre 14 gêneros pertencentes a seis famílias de Glomeromycota: Glomeraceae (35%), Acaulosporaceae (35%), Gigasporaceae (21%), Ambisporaceae (5%), Archaeosporaceae (2%) e Diversisporaceae (2%). De modo geral, foi observada a predominância de ocorrência de FMAs do gênero *Acaulospora* (34,8%) seguido de *Glomus* (16,27%). Sendo as espécies mais frequentes, *Rhizophagus fasciculatus*, *Acaulospora mellea* e *Glomus* sp.1 considerando a frequência de ocorrência. Nas áreas de cultivo de café foram identificados 12 gêneros, sendo que dois desses (*Dominikia* e *Fuscutata*) nunca reportados na literatura quanto à associação com café cultivado no Brasil. Este estudo contribui significativamente para o conhecimento sobre a composição da comunidade de FMA em solos de locais de referência no cultivo de café no nordeste brasileiro. Tornando possível o desenvolvimento de inoculantes para esta cultura, com o papel de tornar seu cultivo mais sustentável.

**Palavra-chaves:** Sistema Agro-florestal; *Coffea arabica* L.; Glomeromycota; Sustentabilidade

## 1 Introdução

As práticas agrícolas convencionais são responsáveis por impactos negativos no solo por afetar serviços ecossistêmicos, como a ciclagem de nutrientes, controle de pragas e doenças, a estabilidade de agregados do solo e sequestro de carbono (Araújo et al., 2018; Sauvadet et al., 2019). Contrapondo-se a isso, a agroecologia propõe alternativas para o uso do solo que garantam a crescente demanda global pela produção de alimentos, mas também a conservação dos recursos naturais, a partir da adoção de manejos que reduzam o uso excessivo de produtos sintéticos, como fertilizantes e pesticidas (Thevathasan & Gordon, 2004; Assis, 2006; Bainard et al., 2011), melhorando o manejo de nutrientes, prevenindo a erosão do solo e maximizando as funções da microbiota edáfica (Cardoso; Kuyper, 2006; Ferreira et al., 2017).

Microrganismos do solo desempenham papel importante em vários processos responsáveis pela sustentabilidade dos ecossistemas, o que os tornam elementos essenciais nas práticas de gestão em sistemas agrícolas de baixo insumo. Neste sentido, fungos micorrízicos arbusculares (FMA – Filo Glomeromycota) têm sido amplamente estudados, devido aos benefícios que proporcionam às plantas com as quais estabelecem uma simbiose mutualística conhecida como micorriza arbuscular. Durante a interação micorrízica, as plantas utilizam nutrientes absorvidos pelos FMAs, principalmente o fósforo (P), e os fungos, por sua vez, utilizam produtos oriundos da fotossíntese realizada pelas plantas (Walder et al., 2012; Keymer et al., 2017).

Como no solo, o fósforo se movimenta por difusão, a curtas distâncias, as micorrizas apresentam um papel relevante na sua absorção, uma vez que, através da expansão de suas hifas, haverá o aumento da superfície absorvente, e o volume do solo explorado pelo sistema radicular das plantas será maior (Javot et al., 2007).

Tal efeito micorrízico é, sem dúvidas, o mais relevante para os sistemas de produção agrícola nas regiões tropicais, cujos componentes minerais do solo apresentam forte interação como P, processo denominado de fixação, e que limita o crescimento das plantas e aumenta a necessidade de adubação fosfática (Faquim; Andrade, 2004; Souza et al., 2010). No entanto, as

contribuições dos FMAs vão além da nutrição vegetal, visto que os FMAs favorecem a relação água-planta (Smith; Read, 2008), reduzem danos causados por patógenos (Oliveira et al., 2009), aumentam a tolerância das plantas à estresse por fatores ambientais, como herbicidas e poluentes orgânicos (Carvalho et al., 2014), e promovem melhoria na agregação do solo e maior acúmulo de substâncias bioativas (Rillig; Mummey, 2006; Melloni et al., 2013).

Todas essas funções comprovam o potencial de aplicação dos FMAs para a agricultura sustentável, especialmente ao considerar, que eles são ubíquos em ambientes terrestres e capazes de se associarem com as raízes de 90% das plantas, incluindo culturas de importância econômica como o café (Arias et al., 2012; Marins; Carrenho, 2017). Muitos estudos têm reportado uma alta dependência micorrízica em plantas de café (*Coffea arabica* L. and *C. canephora* Pierre—Rubiaceae) ainda na fase de mudas em viveiro, e em campo, pelo menos, 70 espécies de FMAs já foram encontradas associadas ao café (Cogo et al., 2016).

No Brasil, maior produtor mundial de café, a cafeicultura é praticada, na sua maioria, como monocultura a pleno sol, uma vez que a maioria dos produtores acreditam que o sombreamento com espécies arbóreas diminui a produtividade e porque o cultivo sombreado representa maior necessidade de mão-de-obra, além da dificuldade na passagem de máquinas (Ricci et al., 2006). Contudo, os cafeeiros arborizados, termo utilizado para sistemas agroflorestais, tem se mostrado eficiente no que se refere ao aumento do aporte de matéria orgânica, à conservação da umidade do solo, redução nas perdas de N, aumento da capacidade de absorção e infiltração de água, redução do risco de erosão e da emergência de plantas invasoras, e estimulação da atividade biológica (Ricci et al., 2006; Campanha et al., 2007; Jaramillo-Botero et al., 2010).

Os sistemas agro-florestais no cultivo do café também têm apresentado resultados relevantes quanto à manutenção da ocorrência e diversidade de espécies de FMAs, mostrando a importância do consórcio do café com plantas arbóreas quando comparados aos sistemas convencionais de cultivo (DOBO et al., 2017; MULETA et al., 2007, Prates Junior et al. 2019).

Portanto, inventários das comunidades de FMAs, com base na análise morfológica dos esporos, podem ser ferramentas interessantes para melhor entendimento dos efeitos de diferentes sistemas de uso do solo sobre a estrutura



das comunidades desses fungos (Overby et al., 2015; Sãle et al., 2015). A partir dessas informações, poderão ser priorizadas tomadas de decisão que contribuam para ações que visam à conservação do meio ambiente, assim como para a conservação e seleção de espécies ou comunidades comuns de FMA dentro de um ecossistema ou região geográfica, e que contribuam para o desenvolvimento de uma produção agrícola sustentável. Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo investigar a ocorrência e diversidade de FMAs em solos cultivados com café sob diferentes manejos (arborizado com grevilea e a pleno sol com espaçamentos de 1,70 x 0,70 cm e 2,50 x 0,50 cm), e solos de áreas de entorno sob pastagem e mata nativa (mata de cipó), localizadas no Planalto da Conquista, Bahia, Brasil.

## **2 Materiais e Métodos**

### **2.1 Área de estudo**

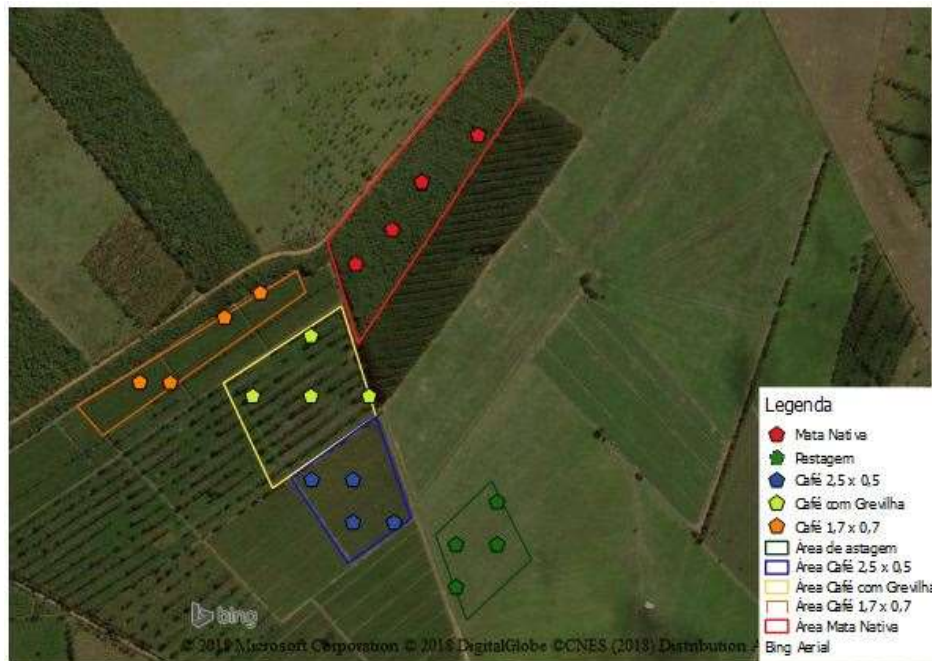
O estudo foi realizado na Fazenda Vidigal, situada no município de Barra do Choça, BA a 14° 52' latitude sul e 40° 34' longitude oeste, a uma altitude de 847 metros. Segundo, KÖPPEN-GEIGER (1936) o clima característico da região é o tropical de altitude com chuvas no inverno e temperatura média do ar no mês mais quente maiores que 22°C. De acordo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018), a média da precipitação pluviométrica da região é de 758 mm anuais, enquanto que a temperatura média anual fica entre 16,40 e 26,20 °C, com umidade relativa de 78,4%. Foram escolhidos cinco unidade de amostragem (UAs) com base nos diferentes tipos de manejos de café utilizados na região do Sudoeste da Bahia, bem como duas áreas do entorno, sendo elas: **Área com Café Sombreado com Grevilea – CCG:** Esta área foi implantada há aproximadamente 10 anos, e possui cerca de 12 hectares, onde está instalada a segunda lavoura de café, cultivar Catucaí (IAC 144), em espaçamento de 2,0 x 0,5 m. As plantas de grevilea, atualmente com cerca de 10 a 12 metros de altura, foram plantadas a 20 anos atrás, espaçadas a 4 m entre plantas e 20,0 m entre as linhas, cujo objetivo era de proteger as plantas de café dos fortes ventos e minimizar a forte incidência solar, com a conseqüente formação de serrapilheira e aumento do teor de matéria orgânica no solo.

**Área com Café em Espaçamento de 2,0 x 0,50 m – CE1:** Esta área possui cerca de quatro (4) hectares com café implantado no espaçamento de 2,0 x 0,5 m, sendo conduzido a pleno sol há mais de 10 anos. **Área com Café em Espaçamento de 1,70 x 0,70 m – CE2:** Esta área possui cerca de cinco (5) hectares com café implantado no espaçamento de 1,70 x 0,7 m, sendo conduzido a pleno sol há mais de 12 anos. **Área com Pastagem – PS:** Esta área possui aproximadamente 30 hectares cultivada com *Brachiaria brizantha* utilizado para criação de gado de corte. **Área com Vegetação Nativa - MN:** A vegetação é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana (Velooso et al., 1991; IBGE, 2012), conhecida regionalmente como mata de cipó. É uma área de cerca de 10 hectares, e trata-se de um fragmento dessa floresta nativa, a qual vem sendo suprimida pela instalação das lavouras de café, bem como outras atividades agrícolas na região. Basicamente é composta por plantas lenhosas de porte médio, variando entre 10 e 20 m, com característica marcantemente de caducifólia, onde a presença das lianas (cipós) explica a denominação regional, embora a predominância seja de espécies da família Leguminosae.

## 2.2 Amostragem do Solo

Considerando que as UAs diferem em área total e formato (Figura 1), foi estabelecido, após o georefenciamento das mesmas, um transecto de cerca de 10 x 25 m (250 m<sup>2</sup>), dentro do qual procedeu-se o caminhamento em ziguezague para marcação equidistante dos pontos de amostragem. Um total de quatro pontos, dentro de cada UA, foi determinado para que, ao redor destes, fossem estabelecidos os pontos de amostragem nos quais foram coletadas três amostras simples de solo. Sendo assim, para cada UA, foram coletadas quatro amostras compostas, sendo cada uma delas geradas por três sub-amostras.

Após a coleta, cada uma das amostras compostas foi acondicionada em sacos plásticos e posta em caixa de isopor para serem transportadas para o Laboratório de Microbiologia Industrial do Instituto Multidisciplinar em Saúde, do IMS/UFBA. Parte dessas amostras foi destinada para análises químicas e outra parte enviada para Universidade Regional de Blumenau para avaliação da abundância e riqueza de esporos de FMAs.



**Figura 1:** Vista aérea da área de estudo e unidades de amostragem (UAs) representadas em áreas delimitadas de aproximadamente 250m<sup>2</sup>.

### 2.3 Caracterização química das amostras de solo

Uma alíquota de 300 cm<sup>3</sup> de cada amostra de solo foi enviada para o Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB para análise química utilizando a metodologia proposta pela Embrapa (1997). Os atributos químicos analisados foram os seguintes: pH em H<sub>2</sub>O (1: 2,5 m v<sup>-1</sup>); Al, Ca e Mg [extraído por 1 mol de KCl L<sup>-1</sup> (1:10) e determinado por espectrometria de absorção atômica (Ca e Mg) e titulometria com NaOH (Al)]; P e K disponíveis [extraídos pela solução Mehlich<sup>-1</sup> e determinados por fotometria (K), colorimetria (P)].

### 2.4 Extração e identificação das espécies de FMAs

Amostras de solo direto do campo (50g), referentes aos tratamentos, foram repetidamente lavadas com água corrente e posteriormente peneiradas. As peneiras utilizadas possuem malha de nylon de 40-50µm (para esporos pequenos), 100µm (para esporos médios) e 250µm (para esporos grandes e esporocarpos). O material retido nas peneiras foi transferido para tubos contendo um gradiente de sacarose (20 e 60%) e centrifugados a 2000 rpm por um minuto. O sobrenadante foi lavado e passado em uma peneira de 50µm e os esporos

retidos foram transferidos para uma placa de Petri e contados com o auxílio de uma lupa microscópica Nikon SMZ-U.

Os esporos selecionados foram separados por morfotipo e contados, em placas de Petri, e montados em lâminas com álcool polivinílico lactoglicerol (PVLG), para avaliação microscópica das características fenotípicas estruturais e identificação taxonômica, conforme descrição de espécies nas páginas do International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) (<http://www.invam.caf.wvu.edu>) e do Plant Pathology Department (<http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/>).

As diferenças nas comunidades FMAs entre áreas foram investigadas usando um conjunto de descritores de comunidade. A frequência de ocorrência (FO) de cada espécie foi calculada usando a equação  $F_i = J_i / K - 1$ , em que  $F_i$  = frequência da espécie,  $J_i$  = número de amostras de solo em que a espécie ocorreu e  $K$  = número total de amostras de solo. A aproximação do FO proposta por Zhang et al. (2004) foi usado para classificar as espécies de FMA que ocorrem em todo o ecossistema como dominantes ( $FO > 50\%$ ), muito comuns ( $30\% < FO \leq 50\%$ ), comuns ( $10\% < FO < 30\%$ ) e raras ( $FO \leq 10\%$ ). A riqueza (S) de espécies de FMA foi determinada pela contagem de espécies de fungos por amostra de solo.

## 2.5 Análise estatística

Submetemos a presença / ausência de FMA à dissimilaridade multicategórica binária qualitativa, pelo simples índice de complemento aritmético por coincidência. Para avaliar o grau de similaridade da comunidade de FMAs entre os locais, o coeficiente de Sorenson (CS) foi empregado comparando pares das áreas de estudo e calculado de acordo com a seguinte fórmula:  $CS = 2j / (a + b)$ , onde  $J$  é o número de espécies de FMAs coexistentes nos dois locais,  $a$  é o número total de espécies de FMAs no local determinado, e  $b$  é o número total de espécies de FMAs em outro local determinado (Zhang et al., 2004). Finalmente, examinamos a relação das espécies de FMA com as características químicas do solo por meio da Análise de Componentes Principais (PCA). Nesta análise, utilizamos apenas os atributos do solo que mais contrastam entre os locais de referência (Al, Ca, Mg,  $K^+$ , P e pH) e excluimos as

espécies de FMA com FO <0,50. Os dados foram padronizados pelo software e o gráfico PCA foi gerado por escores e carga fatorial.

### **3 Resultados**

#### **3.1 Análise Química do Solo**

Os solos, de forma geral, foram considerados ácidos em todas as áreas de estudo, com pH variando entre 4.2 a 5.82, sendo que o pH (5,82) em Pastagem se diferenciou dos demais locais ( $p < 0,05$ ), cuja média de pH variou entre 4,2 a 4,84 (Tabela 1). A concentração de fósforo foi significativamente maior ( $P < 0,05$ ) no CCG ( $9,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ) em comparação com MN, PS, CE1 e CE2, enquanto os valores de  $\text{K}^+$  não se diferenciaram entre as áreas ( $p > 0,05$ ). Pastagem se diferenciou das demais áreas ( $p < 0,05$ ) com maiores valores relacionados ao teor de  $\text{Mg}^{2+}$  ( $2,77 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$ ), soma de bases ( $6,60 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$ ), capacidade efetiva de troca catiônica (t) ( $6,72 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$ ) e saturação de bases (V) (52%). Mata nativa se diferiu a ( $p < 0,05$ ) dentre as áreas, apresentando os maiores valores de  $\text{Al}^{3+}$  ( $2,82 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$ ),  $\text{H}^+$  ( $14,12 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$ ) e saturação por alumínio (m) (66%) e o menor valor para  $\text{Ca}^{2+}$  ( $0,67 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$ ). Não houve diferenças entre as áreas ( $p > 0,05$ ) para valores de  $\text{K}^+$  e capacidade de troca catiônica a pH 7 (T) (Tabela 1).

#### **3.2 Composição da comunidade de fungos AM**

Esporos de 43 morfotipos de FMAs foram recuperados e identificados das amostras de solos referentes às áreas de cultivo com café sob diferentes manejos, e áreas de pastagem e de mata nativa (Tabela 2). Os esporos de FMAs estiveram distribuídos entre 14 gêneros pertencentes a seis famílias de Glomeromycota: Glomeraceae (35%), Acaulosporaceae (35%), Gigasporaceae (21%), Ambisporaceae (5%), Archaeosporaceae (2%) e Diversisporaceae (2%) (Tabela 2).

**Tabela 1:** Características da fertilidade do solo das unidades de amostragem utilizadas para identificação da diversidade dos esporos de FMAs.

Tratamentos	pH	P mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> .....cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> .....	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	S.B	t	T	V .....%.....	m
CCG	4,60 b	9,0 a	0,13 a	3,20 a	1,12 b	1,02 b	8,82 b	4,45 b	5,47 b	14,20 a	33,50 b	19,50 b
CE1	4,67 b	4,5 b	0,20 a	2,75 a	0,95 b	1,15 b	9,57 b	3,50 b	4,65 b	14,22 a	24,75 b	24,75 b
CE2	4,84 b	2,7 b	0,15 a	2,75 a	0,97 b	0,92 b	9,10 b	3,35 b	5,15 b	14,25 a	31,25 b	19,50 b
PS	5,82 a	2,7 b	0,14 a	3,65 a	2,77 a	0,12 c	5,95 b	6,60 a	6,72 a	12,67 a	52,00 a	2,00 c
MN	4,42 b	1,0 b	0,08 a	0,67 b	0,67 b	2,82 a	14,12 a	1,45 c	4,27 b	18,40 a	8,00 c	66,00 a
CV%	5,32	32,68	34,38	26,61	33,65	42,24	25,67	31,32	16,29	17,59	29,09	34,32

CCG: Café consorciado com grevilea; CE1: café a pleno sol com espaçamento de 2,50 x 0,50 cm; CE2: café a pleno sol com espaçamento de 1,70 x 0,70; PS: pastagem cultivada com *Brachiaria brizantha*; MN: mata nativa. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre se pelo teste Scott-Knott a 5%.

**Tabela 2:** Espécies de FMAs identificadas em solos de mata nativa, pastagem e sob cultivo de café em diferentes manejos, na região de Planalto de Conquista/BA, Nordeste do Brasil

Famílias/espécies de FMAs <sup>a</sup>	Sistemas de uso do solo (sítios de coleta) <sup>b</sup>					
	MN	PS	CCG	CE1	CE2	FR (%)
<b>Glomeraceae</b>						
<i>Dominikiasp1</i>	x		x	x		MC <sup>c</sup>
<i>Sclerocystis coremioide</i> scf Berk. & Broome	x		x	x	x	MC
<i>Sclerocystis sinuosa</i> Gerd. & B.K. Bakshi	x	X	x		x	MC
<i>Sclerocystis rubiformis</i> Gerd. & Trappe				x		C
<i>Glomus</i> sp1	x	X	x	x	x	D
<i>Glomus</i> sp2		X			x	C
<i>Glomus</i> sp3		X	x		x	MC
<i>Glomus</i> sp4	x	X		x		C
<i>Glomus glomerulatum</i> Sieverd.	x	X	x			R
<i>Glomus cf. majewskii</i> Blaszk.	x		x	x		MC
<i>Glomus microaggregatum</i> Koske, Gemma & P.D. Olexia		X	x	x	x	D
<i>Rhizophagus fasciculatus</i> (Thaxter) C. Walker & A. Schüssler	x			x		C
<i>Rhizophagus clarus</i> (Nicolson & Schenck) C. Walker & A. Schüssler			x		x	C
<i>Rhizophagus</i> sp1			x			C
<i>Funnelformis mosseae</i> (Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüssler	x					C
<b>Diversisporaceae</b>						
<i>Diversispora</i> sp1		X	x			MC
<b>Acaulosporaceae</b>						
<i>Acaulospora</i> sp1	x	X				C
<i>Acaulospora</i> sp2		X				C
<i>Acaulospora</i> sp3			x			R
<i>Acaulospora</i> sp4			x			C
<i>Acaulospora</i> sp5				x		R
<i>Acaulospora</i> sp6				x		C
<i>Acaulospora alpina</i> Oehl, Sykorova & Sieverding		X				R
<i>Acaulospora mellea</i> Spain & N.C. Schenck			x	x	x	D
<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & N.C. Schenck		X	x			C
<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos		X				R
<i>Acaulospora lacunosa</i> J.B. Morton			x		x	C
<i>Acaulospora rehmii</i> Sieverding & S. Toro		X				R
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe		X	x	x	x	MC
<i>Acaulospora sieverdingii</i> Oehl, Sýkorová, Blaszk. & G.A. Silva		X				R
<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe				x	x	C
<b>Gigasporaceae</b>						
<i>Scutellospora pernambucana</i> Oehl, D.K. Silva, N. Freitas, L.C. Maia	x					C
<i>Scutellospora calospora</i> (T.H. Nicol. & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders		x				R

<i>Scutellospora</i> sp1	x					R
<i>Racocetra fulgida</i> (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. Souza & Sieverding	x		x			C
<i>Racocetra verrucosa</i> (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. Souza & Sieverding		X			x	C
<i>Gigaspora decipiens</i> I.R. Hall & L.K. Abbott	x					R
<i>Gigaspora cf. margarita</i> W.N. Becker & I.R. Hall		X	x	x	x	C
<i>Cetraspora pellucid</i> (Nicol. & Schenck) Oehl, F.A. Souza & Sieverding		X				C
<i>Fuscutata áurea</i> Oehl, C.M. Mello & G.A. Silva					x	R
<b>Archaeosporaceae</b>						
<i>Archaeospora cf. myriocarpa</i> (Spain, Sieverd. & N.C. Schenck) Oehl, G.A. Silva, B.T. Goto & Sieverd.				x		R
<b>Ambisporaceae</b>						
<i>Ambispora leptoticha</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) R.J. Bills & J.B. Morton	x	X	x		x	C
<i>Ambisporareticulata</i> Oehl & Sieverd.		X	x		x	MC
<b>Total</b>	11	27	22	15	15	

<sup>a</sup> Classificação de Glomeromycota por Redecker et al. (2013).

<sup>b</sup> MN: Mata nativa (Mata de Cipó); PS: pastagem cultivada com *Brachiaria brizantha*; CCG: Café consorciado com grevêlea; CE1: Café a pleno solo, espaçamento de 2,50 X 0,50 cm; CE2: Café a pleno solo, espaçamento de 1,70 x 0,70 cm

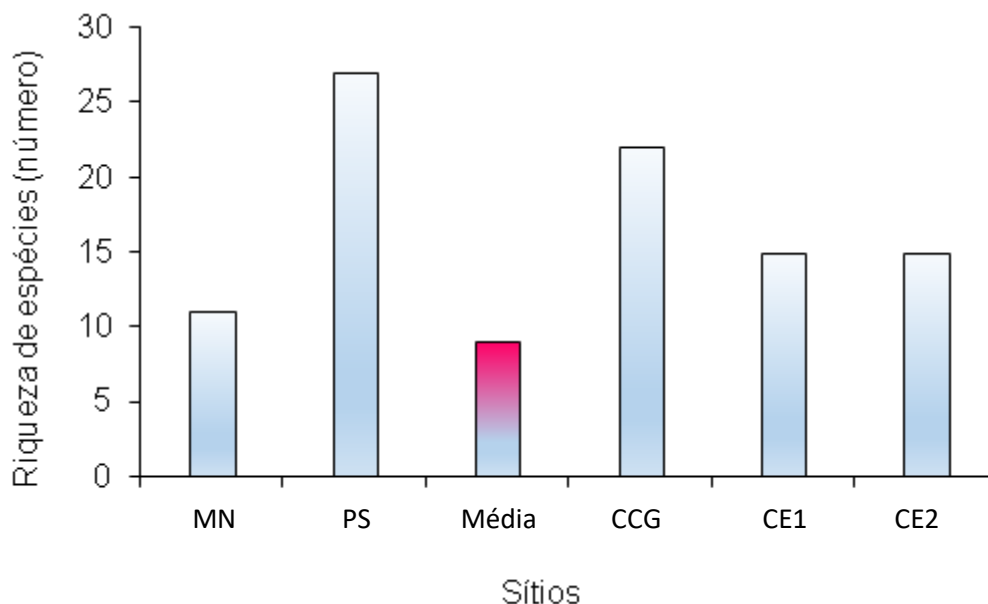
<sup>c</sup> Classes de espécies de acordo com a frequência relativa (D: dominante => 50%; MC: mais comum = entre 31% e 50%; C: comum = entre 13% e 30%; R: raro = <13%);

Dos 43 morfotipos de FMAs recuperados, 29 (67,5%) foram identificados em nível de espécies e 14 (32,5%) em nível de gênero. De modo geral, foi observada a predominância de ocorrência de FMAs do gênero *Acaulospora* (34,8%) seguido de *Glomus* (16,27%). Para os demais gêneros (*Dominikia*, *Sclerocystis*, *Rhizophagus*, *Funnelformis*, *Diversispora*, *Scutellospora*, *Racocetra*, *Gigaspora*, *Cetraspora*, *Fuscutata*, *Archaeospora* e *Ambispora*) estiveram associadas de um a três morfotipos de FMAs (Tabela 2).

A riqueza de espécies de FMA variou entre os diferentes locais de coleta (Tabela 2). A riqueza específica de FMA para todos os sítios foi maior que a média geral registrada (n=9), conforme apresentado na Figura 2. Em ordem decrescente, foram encontrados os seguintes valores de riqueza de FMAs: P (n=27), CCG (n=22), CE1 (n=15), CE2 (n=15) e MN (n=11). A variação da riqueza de espécies de FMAs entre os sítios com maior e menor valor foi de 25,5% e 62,8% para MN e P, respectivamente



(Figura 2). Além disso, descobrimos que apenas *Glomus* sp1 foi isolado de solos provenientes de todas as áreas (Tabela 2).



**Figura 2.** Riqueza de comunidades de FMAs (n=43). Onde, MN: Mata nativa (Mata de Cipó); CCG: Café consorciado com grevilea; CE1: Café a pleno solo, espaçamento de 1,70 x 0,70m; CE2: Café a pleno solo, espaçamento de 2,0 x 0,50m; PS: pastagem cultivada com *Brachiaria brizantha*.

A similaridade da composição de comunidades de FMAs acessada pelo coeficiente de Sorensen apresentou maior valor entre CCG e CE1 (0,64) e menor valor entre P e CE1 (0,23), enquanto que para as demais combinações aos pares dos sítios, o coeficiente variou de 0,31 (MN e PS) a 0,49 (PS e CE2) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Comparações aos pares do coeficiente de Sorensen entre as áreas amostradas.

Altitude (m)	MN	PS	CCG	CE1	CE2
<b>MN</b>	-	-	-	-	-
<b>PS</b>	0,31	-	-	-	-
<b>CCG</b>	0,48	0,49	-	-	-
<b>CE1</b>	0,46	0,23	0,43	-	-
<b>CE2</b>	0,38	0,47	0,64	0,46	-

MN: Mata nativa (Mata de Cipó); CCG: Café consorciado com grevilea; CE1: Café a pleno solo, espaçamento de 2,50 x 0,50 m; CE2: Café a pleno solo, espaçamento de 1,70 x 0,70 m; PS: pastagem cultivada com *Brachiaria brizantha*.

### 3.3 Frequência de isolamento do fungo AM

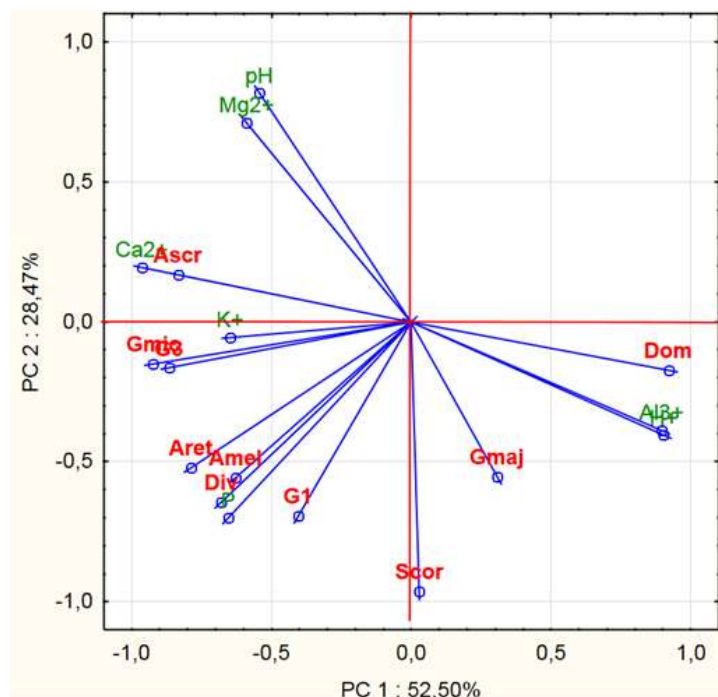
Segundo a frequência de ocorrência, *Rhizophagus fasciculatus*, *Acaulospora mellea* e *Glomus* sp.1 foram, de modo geral, as espécies dominantes em nosso estudo (Tabela 2). Em MN, foi registrada apenas uma das espécies dominantes (*Glomus* sp1.), enquanto que nos demais ambientes todas as espécies dominantes foram encontradas (Tabela 2). Espécies de FMAs classificadas como raras foram detectadas em maior número em Pastagem (*Glomus glomerulatum*; *Acaulospora alpina*; *Acaulospora foveata*; *Acaulospora rehmi*; *Acaulospora sieverdingii*; *Scutellospora calospora*), ao contrário de CE2, no qual não foi verificada a ocorrência de nenhuma espécie rara.

Todos os ambientes apresentaram comunidades de FMAs classificadas como de ocorrência muito comum e comum, contudo verificou-se variações quanto ao número e às espécies, de acordo com o sítio (Tabela 2). Exemplo disso é MN que apresentou menor número de espécies de ocorrência muito comum (*Dominikia* sp1, *Sclerocystis coremioides*; *Sclerocystis sinuosa*; *Glomus cf. majewskii*) enquanto que em CCG foi maior a frequência de isolamento de espécies de FMA de ocorrência comum (*Rhizophagus clarus*; *Rhizophagus* sp1; *Acaulospora morrowiae*; *Acaulospora lacunosa*; *Racocetra fulgida*; *Gigaspora cf. margarita*). Em PS e CE2, o número de espécies de FMAs tidas como de ocorrência comum foi de oito e seis, respectivamente, contudo em PS foram encontradas (*Glomus* sp2; *Glomus* sp4; *Acaulospora* sp1; *Acaulospora* sp2; *Acaulospora morrowiae*; *Racocetra verrucosa*; *Gigaspora cf. margarita*; *Cetraspora pellucida*) e em CE2, as espécies recuperadas foram (*Glomus* sp2; *Rhizophagus clarus*; *Acaulospora lacunosa*; *Acaulospora tuberculata*; *Racocetra verrucosa*; *Gigaspora cf. margarita*) (Tabela 2).

### 3.4 Análise Multivariada

Os resultados da análise de componentes principais mostraram a relação das comunidades de FMAs nos locais de referência estudados com as características químicas dos solos. A análise considerou os dois primeiros componentes, que tiveram um valor acumulado de 80,97%. O primeiro componente principal explicou 52,50% da variância total e o segundo componente explicou 28,47% (Figura 3). Observamos que *Acaulospora scrobiculata* apresentou associação positiva com  $Mg^{+2}$  (0,60), pH (0,80).

Além disso, os resultados mostraram que *Dominikia sp1* se correlacionou positivamente com Al (0,90) e H<sup>+</sup> (0,92) e *Acaulospora mellea*, *Ambispora reticulata* e *Diversispora sp1* com o P (0,75), (0,80), (0,70), respectivamente (Figura 3).



**Figura 3:** Análise de componentes principais da freqüência de FMA com atributos químicos do solo. MG2<sup>+</sup>: magnésio; pH: potencial hidrogeniônico; Ca<sup>2+</sup>: Cálcio; K<sup>+</sup>: potássio; Al<sup>3+</sup>: alumínio; P: fósforo; Ascr: *Acaulospora scrobiculata*; Gmi: *Glomus microaggregatum*; Aret: *Ambispora reticulata*; Amel: *Acaulospora mellea*; Div: *Diversispora sp1*; G1: *Glomus sp1*; Scor: *Sclerocystis coremioide*; Gmaj: *Glomus cf majewskii*; Dom: *Dominikia sp1*.

#### 4 Discussão

No Brasil, a maioria dos estudos sobre diversidade de FMA associados ao café vem sendo realizada em áreas localizadas nas regiões Sul e Sudeste (Lopes et al., 1983; Fernandes; Siqueira, 1989; Oliveira et al., 1990; Balota e Lopes, 1996; Collozi-Filho et al., 2000; Theodoro et al. 2003; Prates júnior et al., 2019). Enquanto que para região Nordeste, especificamente, para o Estado da Bahia, foi encontrado na literatura apenas o trabalho de Bonfim et al. (2010) que avaliaram a ocorrência de FMA em solos cultivados com café, porém os autores não acessaram a diversidade taxonômica dos fungos.

Neste estudo, caracterizou-se a composição da comunidade de FMA determinando a diversidade desses fungos a partir de amostras de campo referentes

a solos cultivados com café, sob diferentes manejos (agrofloresta e a pleno sol) comparando com uma área de mata nativa (sistema natural) e de pastagem (sistema antropizado), na região de Planalto da Conquista, BA, Nordeste do Brasil. Diferenças quantitativas e qualitativas na composição da comunidade de FMA foram componentes importantes para demonstrar o efeito do uso do solo e de suas características edáficas particulares sobre a estrutura das comunidades de FMAs. Estes dados são baseados em esporos coletados em campo e, portanto, representam documentadas as espécies que esporulavam no momento da amostragem, mas destaca-se a importância do presente estudo, pois é o primeiro registro sobre diversidade de FMAs associada ao café cultivado na região de Planalto de Conquista/BA, onde se concentra uma das maiores produções de café no Nordeste brasileiro.

O total de 43 morfotipos de FMAs foi detectada no presente estudo, sendo registrada a ocorrência de 31 desses FMAs em solos sob cultivo com café (CCG, CE1 e CE2), conforme apresentado na Tabela 2. Interessante constatar neste estudo que a quantidade de espécies de FMA foi semelhante entre solos cultivados com café a pleno sol (independente dos espaçamentos) e mata nativa, enquanto Pastagem e CCG apresentaram as mais altas riquezas de espécies (Tabela 2). Esses dados reforçam as hipóteses estabelecidas por Leal et al. (2009) ao sugerirem que ecossistemas naturais, como mata nativa, são mais estáveis do que outros sistemas de uso do solo em relação à presença de plantas hospedeiras e ausência de variação nas características do solo, o que poderia atuar como pressão de seleção em comunidades de FMAs com esporulação reduzida. Essa tendência também foi observada por Zangaro et al. (2000) e Siqueira et al. (2001) que registraram baixa densidade de esporos, além de reduzidas compatibilidade e responsividade micorrízica em hospedeiros de florestas tropicais em clímax, sendo verificada colonização de FMAs em folhas em decomposição. Por outro lado, maior riqueza encontrada em café consorciado com grevilea e pastagem podem resultar de mudanças na comunidade vegetal, disponibilidade reduzida de nutrientes no solo, como consequência oxidação da matéria orgânica e aumento da absorção de nutrientes pelo crescimento da vegetação (Leal et al., 2009). Espécies de árvores de rápido crescimento e rusticidade, como grevíleas e a *Braquiária decumbens* (espécies

de gramíneas que dominam o pasto), são espécies altamente micotróficas que poderiam ter contribuído para maior produção de propágulos em ambos os sistemas de uso do solo (Siqueira et al. 2001; Fritzsos et al., 2014).

A diversidade de FMAs verificada para as áreas cultivadas com café foi similar ou de maior magnitude comparada a outros trabalhos. Arias et al. (2012) encontraram 32 morfotipos de FMAs, em 5 sistemas de produção de café. Dobo et al. (2018), analisando 9 sistemas agroflorestais com plantas de café, registraram 28 morfotipos. Prates Júnior et al. (2019) detectaram 43 morfotipos de FMAs em solos cultivados com café sob diferentes manejos agroecológicos. Vale ainda ressaltar que, dos 43 morfotipos encontrados, 13 foram identificados apenas em nível de gênero, o que pode sinalizar a ocorrência de novas espécies micorrízicas (Tabela 2).

Em consonância com outros estudos envolvendo diversidade micorrízica em cultura de café nas regiões da América e da África, neste trabalho os gêneros mais dominantes também foram *Acaulospora* e *Glomus* (Lopes et al. 1983; Cruz 1989; Muleta et al. 2008; Jefwa et al. 2009; Arias et al., 2012; De Beenhouwer et al., 2015). Ambos os gêneros têm sido considerados de ampla distribuição para diversos agroecossistemas assim como para ecossistemas florestais (Oehl et al. 2003; Zhao et al. 2003). Além disso, outros 12 gêneros foram acessados neste estudo, sendo dois desses (*Dominikia* e *Fuscutata*) ainda não reportados na literatura quanto à associação com café cultivado no Brasil (Cogo et al., 2017).

Diferenças qualitativas na composição da comunidade de FMA também foi um componente importante para demonstrar o efeito dos manejos da cultura de café. *R. fasciculatus*, *A. mellea* e *Glomus* sp.1 foram as únicas espécies generalistas, cuja frequência de ocorrência foi superior a 50%. Já os morfotipos *Glomus microaggregatum*, *Acaulospora mellea*, *Acaulospora scrobiculata* e *Gigaspora margarita* estiveram presentes em todas as áreas sob cultivo de café, exceto em solos de Mata Nativa. Aliás essas espécies, especialmente, as três últimas são bastante citadas na literatura em relação à associação com o café (Jefwa et al. 2009; Arias et al., 2012; De Beenhouwer et al., 2015). A similaridade da composição de comunidades de FMAs acessada pelo coeficiente de Sorensen (Cs) foi realizada aos pares entre as áreas de estudos e indicou que, em geral, os valores de similaridade entre as comunidades de FMAs das áreas estudadas foram considerados baixos (em média,

Cs < 0,5), sugerindo que as mudanças da cobertura vegetal do solo e das práticas agrícolas influenciaram a diversidade de comunidades de FMAs (Tabela 3). De toda forma, vale salientar que quando se compara as comunidades de FMAs presentes em solos de Mata Nativa com as de solos cultivado com café, verificou-se maior similaridade entre MN e CCG (Cs = 0,48), indicando que o consórcio de café e grevilea foi o manejo que menos influenciou a diversidade de FMAs em relação à do ecossistema mais natural. Além disso, a diversidade encontrada entre CCG e demais áreas apresentou os maiores valores de Cs, variando de 0,43 a 0,64. Isso pode ser explicado pela alta frequência de ocorrência de espécies de FMAs tidas como muito comum em CCG sendo, portanto, espécies encontradas também nos outros sítios de coleta do solo.

Vários fatores podem afetar a estrutura de comunidades de FMAs, a exemplo das condições geográficas e edafoclimáticas e composição florística, mas os fatores edáficos apresentam-se como os maiores influenciadores (Jansa et al., 2014; Alguacil et al., 2015; Davison et al., 2015). Nesse sentido, o pH tem sido considerado um filtro ambiental das comunidades de FMAs (Jansa et al., 2014; Bainard et al., 2015). De acordo com os resultados da análise de componentes principais realizadas no presente estudo, o pH das áreas estudadas, cuja média variou entre 4,2 a 4,84, não influenciou ( $p > 0,05$ ) na diversidade e distribuição das espécies de FMA. Isso pode ser explicado, muito provavelmente, por esses valores estarem dentro da média considerada ideal para a associação micorrízica arbuscular, conforme sugerido por Silva et al. (2015) e Chiomento et al. (2019) ao constataram que o pH mais ácido (4,0 a 5,5) pode ser considerado o ideal para a associação micorrízica.

Por outro lado, verificamos que a concentração de P se associou significativamente com as espécies *Ambispora reticulata*, *Acaulospora mellea* e *Diversispora sp1*, cuja ocorrência simultânea foi constatada apenas nas áreas de café isolado, pastagem e em café consorciado com grevilea, onde no último o teor de P ( $9,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ) foi maior dentre as áreas ( $P < 0,05$ ), não tendo sido encontradas na mata nativa, cujo teor de P foi o menor ( $1,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ), sugerindo que tais espécies podem ter dificuldade de associar-se a hospedeiros em solos com teores muito baixos de P. O Alumínio por ser altamente ligante ao fósforo se apresenta como um fator determinante na distribuição das espécies de FMAs dentro das comunidades, com os

resultados da análise de componentes principais, ficou claro uma predominância do gênero *Dominikia* na mata nativa devido sua alta correlação positiva (0,90) com o teor de  $Al^{3+}$  que foi, significativamente, maior nessa área (2,82  $cmol_c/dm^{-3}$ ). Esse alto teor de  $Al^{3+}$  pode ter sido a causa do baixo teor de P (1,0  $mg\ dm^{-3}$ ), e ao contrário das espécies citadas anteriormente, a *Dominikia sp1*, não apresentou dificuldade em associar-se as plantas hospedeiras em um solo com pH muito baixo. Diante do exposto, sugere-se que a presença e distribuição de uma determinada espécie dentro de uma área podem ser determinadas por fatores edáficos diversos combinados entre si ou mesmo isolados, favorecendo ou não a colonização micorrízica.

## 5 Conclusões

Conclui-se que há diversidade considerável de FMA em culturas cultivadas com café isolado e arborizado, na região de Barra do Choça, no estado da Bahia.

Os gêneros mais dominantes nas áreas analisadas foram *Acaulospora* e *Glomus* tendo sido considerados de ampla distribuição para diversos agro-ecossistemas.

Os gêneros *Dominikia* e *Fuscutata* foram encontrados pela primeira vez em área de cultivo de café.

Os solos antropizados se distinguiram significativamente dos solos naturais em relação à heterogeneidade dos FMAs.

Além disso, os resultados mostram que os teores de P e  $Al^{3+}$  influenciaram significativamente na presença das espécies *Ambispora reticulata*, *Acaulospora mellea*, *Diversispora sp1* e *Dominikia sp1*.

## REFERÊNCIAS

- ALGUACIL, M. M, TORRECILLAS, E, LOZANO, Z, ROLDÁN, A. Arbuscular mycorrhizal fungi communities in a coral cay system (Morrocoy, Venezuela) and their relationships with environmental variables. **Science of the Total Environment** 505:805–813, 2015.
- ALLEN, E. B.; RINCÓN, E.; ALLEN, MF.; PÉREZ-JIMÉNEZ, A.; HUANTE P. Disturbance and seasonal dynamics of mycorrhizae in tropical deciduous forest in Mexico. **Biotropica** 30: 261- 274, 1998.
- ARAÚJO, SILVA, T. C.; LIMA, T. V.; SANTOS, N. A. T.; BORGES, C. H. A. Macrofauna como bioindicadora de qualidade do solo para agricultura convencional e agrofloresta. **ACSA, Patos-PB**, v.14, n.2, p.108-116, Abril-Junho, 2018.
- ARIAS, R. M.; ABARCA, G. H.; SOSA, V. J.; RAMIREZ, L. E. Diversity and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores under different coffee production systems and in a tropical montane cloud forest patch in Veracruz, Mexico. **Agroforest Syst**, n 85: P. 179–193, 2012.
- ASSIS, R. L. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. **Econ. Apl.** vol.10 no.1 Ribeirão Preto Jan./Mar. 2006.
- BAINARD, L. D.; DAÍ, M.; FOMEZ, E. F.; TORRES-ARIAS, Y.; BAINARD, J. D.; SHENG, M.; EILERS, W.; HAMEL, C. Arbuscular mycorrhizal fungal communities are influenced by agricultural land use and not soil type among the Chernozem great groups of the Canadian Prairies. **Plant Soil**, 2014.
- BAINARD, L. D.; KLIRONOMOS, J. N.; GORDON, A. M. Arbuscular mycorrhizal fungi in tree-based intercropping systems: A review of their abundance and diversity, **Pedobiologia**, n 54, p 57–61, 2011.
- BAGYARAJ, D. J., THILAGAR, G.; RAVISHA, C. Below ground microbial diversity as influenced by coffee agroforestry systems in the Western Ghats, India. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 202, pp. 198-202, 2015.
- CAMPANHA, M. M. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura na zona da mata, MG. **Revista Árvore, Viçosa**, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.
- CARDOSO, I.M.; KUYPER, T.W. Mycorrhizas and tropical soil fertility. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 116, 72-84, 2006.
- CARVALHO, F. P.; FRANÇA, A. C.; FRANCO, M. H.; AVELAR, M.; MOREIRA, A. O.; ALECRIM, A. O.; SANTOS, J. B. Sensibilidade de plantas de café micorrizadas à herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.2, p.134-142, mai./ago. 2014
- CHIOMENTO, J. L. T.; STURNER, S. L.; CARRENHO, R.; COSTA, R. C.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; ANTUNES, L. E. C.; NIEWON, A. A.; CALVETE, E. O. Composition of arbuscular mycorrhizal fungi communities signals generalist species in soils cultivated with strawberry. **Scientia Horticulturae** n 253 p. 286–294, 2019.



COGO, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G.; POUJU-ROJA, E.; JUNIOR, O. J. S.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Arbuscular mycorrhiza in coffee arabica I.: Review and meta-analysis. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 419 - 443, jul./set. 2017

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

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. v. 5– Safra 2018, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-84, dezembro de 2018.

Cruz, S. J. C. Estudio de la simbiosis micorrízica vesicular arbuscular em el cultivo de Coffea arabica var. Caturra. **Fitopatologia Colombiana** 13, 56–64, 1989.

DAVISON J, MOORA M, ÖPIK M, ADHOLEYA A, AINSAAR L, BÂ A. Global assessment of arbuscular mycorrhizal fungus diversity reveals very low endemism. **Science** 349: 970–973, 2015.

DE BEENHOUWER, M; AERTS, R.; HUNDERA, K.; VAN OVERTVELD, K.; HONNAY, O. Management intensification in Ethiopian coffee forests is associated with crown habitat contraction and loss of specialized epiphytic orchid species. **Basic and Applied Ecology**, 16(7), 592-600,2015

DOBO, B.; ASEFA, F.; ASFAW, Z. Effect of tree-enset-coffee based agro-forestry practices on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) species diversity and spore density. **Agroforestry Systems**, v. 92(48), 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p

FAQUIN V; ANDRADE AT. 2004. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE. 88p.LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicativos**. Fortaleza: INCT Sal, p. 205-218, 2010.

FERNANDES, A. B.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas vesicular-arbusculares em cafeeiros da região Sul do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 12, p. 1489-1498, dez. 1989.

FERREIRA, E. P. B.; STONE, L. F.; MARTIN-DIDONET, C. C. G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 1, p. 22-31, jan-mar, 2017.

FRITZSONS, E.; MATTOS, P. P.; AGUIAR, A. V.; BRAZ, E. M.; GRABIAS, J.; FERRAZ, M. Crescimento da Grevillea robusta em diferentes sítios edafoclimáticos no Estado do Paraná. **Sci. For., Piracicaba**, v. 42, n. 103, p. 383-392, set. 2014

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R.H.S.; MARTINEZ, H.E.P.; CECON, P.R.; FARDIN, M.P. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agricola**, v.67, p.639-645, 2010

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro, 271 p, 2012.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 27 set. 2018.

JANSA J, ERB A, OBERHOLZER H-R, SMILAUER P, EGLI S . Soil and geography are more important determinants of indigenous arbuscular mycorrhizal communities than management practices in Swiss agricultural soils. **Mol Ecol** **23**: 2118–2135, 2014.

JAVOT, H. A *Medicago truncatula* phosphate transporter indispensable for the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **PNAS**, v. 104, n. 5, p. 1720 – 1725, 2007.

JEFWA, J. M.; ATU, J.; OKOTH, P.; MUYA, E.; ROIMEN, H.; NJUGUINI, S. Influence of land use types on occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in the high altitude regions of mt. Kenya. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, 11: 277 – 290, 2009.

KEYMER, A, PIMPRIKAR, P, WEWER, V, HUBER, C, BRANDS, M, BUCERIUS, S. L, DELAUX, P. M, KLINGL, V, RÖPENACK-LAHAYE, E. V, WANG, T. L, EISENREICH, W, DÖRMANN, P, PARNISKE, M, GUTJAHR, C. Lipid transfer from plants to arbuscular mycorrhiza fungi. **eLife**, v. 6, e-29107, 2017.

Köppen, W. Das geographische System der Klimate. In: **Köppen W, Geiger R (eds) Handbuch der Klimatologie**. Gebrüder Borntraeger, Berlin, p 1–44, 1936.

LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A.M.L.; MORAES, F.R.P. Efeito da inoculação do cafeeiro com diferentes espécies de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.2, p.137-141, 1983

MARINS, J. F.; CARRENHO, R. Arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate fungi in plants associated with aquatic environments. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n (2), p: 295-308, 2017.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; VIEIRA, L. L. Uso da terra e a qualidade microbiana de agregados de um latossolo vermelho-amarelo. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:1678-1688, 2013

MULETA, D.; ASSEFA, F.; NEMOMISSA, S.; GRANHALL, U. Distribution of arbuscular mycorrhizal fungi spores in soil of southwestern Ethiopia. **Biology and Fertility of Soils**, 44:653–659, 2008

MULETA, D.; ASSEFA, F.; NEMOMISSA, S.; GRANHALL, U. Composition of coffee shade tree species and density of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores in Bonga natural coffee forest, southwestern Ethiopia. **Forest Ecology and Management**, N. 241, P.145–154, 2007.

PRATES JÚNIOR, P.; MOREIRA, B.C.; da SILVA, M.C.S.; VELOSO, T.G.R.; STÜRMER, S.L.; FERNANDES, R.B.A. MENDONÇA, E.S.; KASUYA, M.C.M. Agroecological coffee management increases arbuscular mycorrhizal fungi diversity. **PLoS ONE**. v.14.p.e0209093,2019.

OEHL F, SIEVERDING E, INEICHEN K, MÄDER P, BOLLER T, WIEMKEN A. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in

agroecosystems of Central Europe. **Applied and Environmental Microbiology** 69: 2816– 2824, 2003.

OLIVEIRA, A. A. R.; PAIXÃO, C. M.; AMORIM, R. T. D. Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e patógenos radiculares de citrus. **Tópicos em Ciências Agrárias**, v 1, UFRB, 2009.

OLIVEIRA, E. ; SIQUEIRA, J. O. ; LIMA, R. D. ; COLOZZI-FILHO, A. ; SOUZA, P. . Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em cafeeiros das regiões do Alto Paranaíba e Triângulo no Estado de Minas Gerais. **Hoehnea (São Paulo)** , São Paulo, v. 17, n.2, p. 117-125, 1990

OVERBY, S. T.; OWEN, S. M.; HART, S. C.; NEARY, D. G.; JOHNSON, N. C. Soil microbial community resilience with tree thinning in a 40-year-old experimental ponderosa pine forest. **Appl. Soil Ecol.**, 93, pp. 1-10, 2015

REDECKER, D.; SCHÜßLER, A.; STOCKINGER, H.; STÜRMER, S.; MORTON, J.; WALKER, C. An evidence-based consensus for the classification of arbuscularmycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**, v. 23, n. 7, p. 515-531, 2013.

RICCI, M. S. F.; COSTA, J. R.; PINTO, A. N.; SANTOS, V. L. S. Cultivo orgânico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v.41, n.4, p.569-575, abr. 2006

RILLIG, M. C.; MUMMEY, D. L. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytologist**, n 171: p 41 –53, 2006

SÄLE, V.; AGUILERA, P.; LACZKO, E.; MÄDER, P.; BERNER, A.; ZIHLMANN, U.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; OEHL, F. Impact of conservation tillage and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biol. Biochem.**, 84, pp. 38-52, 2015

SAUVADET, M.; MEERSCHKE, K. V.; ALLINNE, C.; GAY, F.; FILHO, E. M. V.; CHAUVAT, M.; BECQUER, T.; TIXIER, P.; HARMAND, J. Shade trees have higher impact on soil nutrient availability and foodweb in organic than conventional coffee agroforestry. **Science of the Total Environment** 649, 1065–1074, 2019.

SILVA, R. F.; MARCO, R.; BERTOLLO, G. M.; MATSOUKA, M.; MENEGOL, D. R. The influence of soil use on the occurrence and diversity of AMFs in a oxisol from Southern Brazil. **Ciências Agrárias, Londrina**, v. 36, n. 3, suplemento 1, p. 1851-1862, 2015.

SMITH, S. E.; READ, D. **Mycorrhizal Symbiosis**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2008. 787 p.

SOUZA, F. A., STÜRMER, S. L., CARRENHO, R. & TRUFEM, S. F. B. 2010. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J. O., SOUZA, F. A., CARDOSO, E. J. B. N. & TSAI, S. M (Eds.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA

THEVATHASAN, N. V.; GORDON, A. M. Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada, **Agroforestry Systems** 61: 257–268, 2004.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE, 124 p, 1991.

WALTER, F.; NIEMANN, H.; NATARAJAN, M.; LEHMANN, M. F. Mycorrhizal Networks: Common Goods of Plants Shared under Unequal Terms of Trade. **Plant Physiology**, Vol. 159, pp. 789–797, 2012.

ZHANG, Y.; GUO, L. D.; LIU, R. J. Survey of arbuscular mycorrhizal fungi in deforested and natural forestland in the subtropical region of Dujiangyan, southwest China. **Plant and Soil**, 261:257–263, 2004

ZHAO, Z. W.; WANG, G. H.; YANG, L. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a tropical rainforest of Xishuangbanna, southwest China. **Fungal Diversity** ,13: 233-242, 2003.

## CAPÍTULO 2

### **Eficiência funcional em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) de fungos micorrízicos arbusculares oriundos de solos sob diferentes tipos de manejos em região de altitude na Bahia**

**Roberta de Souza Santos<sup>1</sup>, Divino Levi Miguel<sup>3</sup>, Joice Andrade Bonfim<sup>4</sup>, Patrícia Lopes Leal<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Multidisciplinar em Saúde, Universidade Federal da Bahia, Vitória da Conquista, BA, Brasil

<sup>2</sup> Endereço para correspondência: (email: [lealpat@yahoo.com.br](mailto:lealpat@yahoo.com.br))

<sup>3</sup> Universidade Estadual da Bahia, Vitória da Conquista, BA, Brasil

<sup>4</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Guanambi, Ba, Brasil

**Resumo:** O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) amplamente cultivado no Brasil, é uma cultura de grande importância nutricional para as regiões Norte e Nordeste do país. Suas raízes na presença de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) estabelecem uma simbiose denominada micorríza que traz vários benefícios para a planta e para o fungo. O objetivo do trabalho foi determinar a colonização micorrízica e a eficiência em feijão-caupi de comunidades de FMAs isoladas de solos coletados sob diferentes sistemas de uso na região de Planalto de Conquista, no Estado da Bahia, Brasil. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos, com delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições onde foram analisadas duas espécies de FMAs em mistura (*Claroideoglossum etunicatum* e *Rhizophagus clarus*) como tratamento referência (CR), um tratamento testemunha não inoculado (NI) e outros cinco tratamentos compostos por comunidades de FMAs provenientes de cinco unidades amostrais, sendo elas: solo sob cultivo de café a pleno sol com espaçamento de 2,5 x 0,50 cm (CE1), com espaçamento de 1,70 x 0,70 cm (CE2), café sombreado com grevilea (CCG), pastagem (PS) e mata nativa (MN), totalizando 66 parcelas experimentais. Após 80 dias de crescimento das plantas, 50 g do solo foram utilizados para análise de diversidade e abundância dos esporos de FMAs e as plantas avaliadas quanto à altura, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MSPA+MSR), teor de nitrogênio e fósforo da parte aérea e porcentagem de colonização micorrízica das raízes. O tratamento referência apresentou os melhores resultados de (MSPA+MSR) do feijão-caupi, 7,55 g, e o tratamento com solo sob cultivo de café sombreado com grevilea foi o que mais se aproximou do tratamento referência com valores de (MSPA+MSR) igual a 4,31 g e teor de fósforo de 7,60 g kg<sup>-1</sup>. O tratamento com solo sob o cultivo de mata nativa apesar de não ter se destacado no tocante a massa seca do feijão-caupi, apresentou a maior diversidade de FMAs, 23 morfotipos, indicando que maior diversidade de espécies não traduz, necessariamente, em maiores benefícios para a planta. O feijão-caupi foi responsivo a inoculação de diversas comunidades de FMAs oriundas de solos do Nordeste, apresentando valores

nutricionais e de crescimento relevantes para os tratamentos testados, mesmo na ausência de adubação fosfatada.

**Palavra-chaves:** Colonização micorrízica, manejo agrícola, nutrição, sustentabilidade

## 1 Introdução

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.Walp) é a principal fonte de proteína vegetal das regiões Norte e Nordeste do Brasil, uma vez que faz parte da alimentação diária de cerca 40 milhões de pessoas, o que justifica ser esta, uma cultura de subsistência mas também de forte interesse comercial regional, cuja área cultivada no país é de aproximadamente um milhão de hectares, dos quais que cerca de 90% estão situados na região Nordeste (Bezerra et al., 2010; Conab, 2019).

Embora a planta possua tolerâncias a altas temperaturas, à seca e à salinidade do solo, a produtividade do feijão-caupi é considerada baixa, atingindo, em média, valores de 300 a 400 kg ha<sup>-1</sup> (Dantas et al., 2002; Almeida et al. 2010, Freire filho et al., 2011). Isso tem sido atribuído à baixa fertilidade dos solos tropicais, especialmente, em relação à deficiência de fósforo, cuja interação com componentes minerais do solo, processo denominado de fixação, limita o crescimento das plantas e aumenta a necessidade de adubação fosfática (Faquim; Andrade, 2004; Souza et al., 2010; Veloso et al., 2013).

Neste sentido, o emprego de agentes biofertilizantes, como a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) tem sido apresentado como alternativa, colaborando na nutrição das culturas, e, com a consequente elevação seus rendimentos, sendo observados resultados positivos para feijão-caupi (Tristão et al., 2006; Cruz et al., 2017; Schiavo et al., 2018). Os FMAs são componentes importantes da biota do solo, em sistemas naturais e agrícolas, capazes de estabelecer a simbiose endomicorrízica com raízes de mais de 80% das plantas terrestres (Redecker et al., 2013; Marins; Carrenho, 2017). Nessa associação, os FMAs crescem e se diferenciam em estruturas típicas dentro do córtex radicular e espalham suas hifas de absorção no solo, alcançando amplas extensões, o que favorece para o aumento da absorção de água e de nutrientes de baixa mobilidade, como fósforo e zinco (Smith e Read, 2008).

Embora conhecidos, os relatos sobre efeitos da associação de FMAs com plantas de feijão-caupi na literatura são poucos, principalmente, na condição de clima semiárido. Alguns estudos já realizados têm indicado certo grau de dependência micorrízica desta planta, bem como os efeitos positivos que essa simbiose pode conferir para o crescimento e nutrição mineral de feijão-caupi. Taffouo et al. (2014) observaram que a inoculação do feijão-caupi com *Funneliformis mosseae* e adubação com três níveis de fósforo proporcionaram ganhos no crescimento e na absorção desse nutriente nas plantas. Cruz et al. (2017) reportaram incremento no crescimento do feijão-caupi submetido à aplicação de fosfato e inoculação de *Rizopagus clarus* e *Scutellospora heterogama*, sendo que a primeira espécie proporcionou melhores resultados quanto ao número de vagens e de grãos do que os demais tratamentos, até a dose de 200 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo. Silva et al. (2009) avaliaram a eficiência de 50 isolados de FMA oriundos de solo sob diferentes sistemas de uso na Amazônia e verificaram efeitos diferente entre as espécies em relação às taxas de colonização das raízes de feijão-caupi, absorção de fósforo e crescimento da planta.

Os FMAs não apresentam especificidade hospedeira, contudo, há evidências de especificidade funcional quando se considera os efeitos destes fungos sobre a planta, ou seja, os efeitos podem variar entre espécies e até mesmo entre isolados de uma mesma espécie de FMA (Pouyu-Rojas et al., 2006). Sabendo que a comunidade de FMA varia de acordo com os ecossistemas e que elas podem sofrer alteração na sua composição (diversidade e abundância de esporos) mediante as práticas de manejo do solo (por ex.), torna-se importante avaliar as características e eficiência das comunidades e isolados de FMAs que ocorrem em determinadas condições (Silva et al., 2009; Prates Júnior et al., 2019).

Na região Nordeste do Brasil, os estudos relacionados aos FMAs têm se concentrado em avaliações sobre ocorrência e diversidade de espécies desses fungos no bioma Caatinga (Souza et al. 2003; Maia et al. 2006; Lima et al. 2007; Maia et al. 2010), e também sobre a eficiência micorrízica na promoção do crescimento de plantas nativas desse bioma (Pedone-Bonfim et al., 2017). Contudo, é notório que a maioria dos estudos envolvendo eficiência micorrízica sobre plantas nativas da região Nordeste brasileira empregou espécies de FMAs mantidas em coleções institucionais,

nas quais, muitas das espécies são oriundas de outras regiões do Brasil (Pagano et al., 2008; Oliveira et al., 2015; Teixeira-Rios et al., 2016). Essa tendência se estende para culturas agrícolas tradicionalmente cultivadas naquela região, como a do feijão-caupi, para o qual a eficiência de comunidades e isolados de FMAs presentes em solos do Nordeste brasileiro ainda é pouco conhecida (Silva et al., 2009; Santana et al., 2014).

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a colonização micorrízica e a eficiência em feijão caupi de comunidades de FMAs isoladas de solos sob diferentes sistemas de usona região de altitude, no Estado da Bahia, Brasil.

## **2 Material e Métodos**

### **2.1 O Local**

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, campus de Vitória da Conquista, instalado em ambiente protegido (filme e sombrite) e análises conduzidas no Laboratório de Microbiologia do Solo - LMS/UESB.

### **2.2 Delineamento experimental**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, onde foram analisadas duas espécies de FMAs em mistura (CR) (*Claroideoglossum etunicatum* (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler e *Rhizophagus clarus* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) C. Walker & A. Schüßle, pertencentes à coleção de FMAs da Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF) previamente escolhidos em função da responsividade em feijão-caupi e outras culturas (Cruz et al., 2017; Silva et al., 2017; Silva et al., 2009), um tratamento controle sem inoculação (NI), além das comunidades provenientes das 5 unidades amostrais, em que cada unidade amostral continha 4 pontos de coletas representando as repetições por UA, perfazendo um total de 66 parcelas experimentais.

### **2.3 Caracterização da Região**

Os solos utilizados como inóculo foram coletados na Fazenda Vidigal, Município de Barra do Choça, BA, localizada pelas coordenadas, 14° 52' latitude sul e 40° 34' longitude oeste, situada a uma altitude de 874 metros, cujo o clima



característico da região se enquadra como tropical de altitude, sendo melhor definido como Csa, (Köppen-Geiger, 1936), ou seja, clima temperado úmido, com chuvas no inverno e temperatura média do ar no mês mais quente > 22°C.

Os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018), indicam que a precipitação média da região é de 758 mm anuais, sendo que os meses mais seco é setembro com 20,8 mm e novembro o mês de maior precipitação, apresentando uma média de 129,5 mm. A temperatura média anual fica entre 16,40 e 26,20 °C, com umidade relativa de 78,4 %

#### 2.4 Caracterização das Unidades de Amostragem (UA)

As UA foram escolhidas com base nos diferentes tipos de manejos de café (*Coffea arabica* L.) utilizados na região do Sudoeste da Bahia, bem como suas possíveis alterações em função deste manejo, sendo aqui apresentadas como: **Área com Café Sombreado com Grevílea – CCG:** Esta unidade é uma área na qual o café foi implantado há aproximadamente 10 anos, e possui cerca de 12 hectares, onde está instalada a segunda lavoura de café, cultivar Catucaí (IAC 144), em espaçamento de 2,0 x 0,5 m. As plantas de grevílea, atualmente com cerca de 10 a 12 metros de altura, foram plantadas a 20 anos atrás, espaçadas a 4 m entre plantas e 20,0 m entre as linhas, cujo objetivo era de proteger as plantas de café dos fortes ventos e minimizar a forte incidência solar, e, com a conseqüente formação de serapilheira e aumento do teor de matéria orgânica no solo. **Área com Café em Espaçamento de 2,0 x 0,50 m – CE1:** Esta unidade é área de cerca de quatro (4) hectares com café implantado no espaçamento de 2,0 x 0,5 m, sendo conduzido a pleno sol há mais de 10 anos. **Área com Café em Espaçamento de 1,70 x 0,70 m – CE2:** Esta unidade é uma área de cerca de cinco (5) hectares com café implantado no espaçamento de 1,70 x 0,7 m, sendo conduzido a pleno sol há mais de 12 anos. **Área com Pastagem – PS:** Esta unidade possui aproximadamente 30 hectares cultivada com *Brachiaria brizantha* utilizado para criação de gado de corte. **Área com Vegetação Nativa - MN:** A vegetação nativa é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana (Veloso et al., 1991; IBGE, 2012), conhecida regionalmente como mata de cipó. Esta unidade possui cerca de 10 hectares, e, trata-se de um fragmento dessa floresta nativa, a qual vem sendo suprimida pela instalação das lavouras de café, bem como

outras atividades agrícolas na região. Basicamente é composta por plantas lenhosas de porte médio, variando entre 10 e 20 m, com característica marcadamente de caducifólia, onde a presença das lianas (cipós) explica a denominação regional, embora a predominância seja de espécies da família Leguminosae.

## 2.5 Coleta das Amostras

Em cada uma das UA a serem estudadas foram retiradas amostras do solo à profundidade de 0-20 cm. Para tal, adotou-se um padrão de quatro pontos, nos quais, e, ao redor destes, foram coletadas três amostras simples, ou seja, para cada UA, foram coletadas quatro amostras compostas, sendo cada uma, formada por três amostras simples.

As análises químicas das amostras foram efetuadas no Laboratório de Análise Química do Solo (LQS) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, o qual segue a metodologia proposta pela Embrapa (2011). Os atributos químicos analisados foram os seguintes: pH em H<sub>2</sub>O; os teores de Ca, Mg e Al, foram obtidos por solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, onde o cálcio e o magnésio foram determinados em titulação com ácido diaminotetracloroacético (EDTA 0,125 mol<sup>-1</sup>) e o Al com hidróxido de sódio (NaOH 0,025 mol<sup>-1</sup>); P e K disponíveis [extraídos pela solução ácida Mehlich-I (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>)] e determinados por colorimetria e fotometria, respectivamente.

## 2.6 Condução do experimento

O experimento foi instalado em ambiente protegido (filme plástico e sombrite), no qual, vasos plástico com capacidade para três litros foram preenchidos com areia previamente esterilizada em autoclave, a 121°C durante por 1 hora, repetidos em três ciclos consecutivos e intervalos de 24 h, a fim de eliminar propágulos de FMAs nativos. Os tratamentos envolvendo comunidades de FMAs provenientes das cinco UA consistiram da adição de 100g de solo inóculo dessas UA, disposto em camada entre porções da areia estéril. Os tratamentos envolvendo FMAs referências (*Claroideoglossum etunicatum* e *Rhizophagus clarus*), foram formados pela adição de 100 esporos de cada espécie.

As sementes do feijão-caupi foram submetidas a tratamento asséptico por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio (NaOH 2%) durante dois minutos, seguida posteriormente por seis lavagens em água destilada esterilizada. A semeadura foi precedida da irrigação dos vasos, nos quais foram colocadas seis sementes, a uma profundidade de 2 cm, sendo mantidas três plantas por vaso após germinação, sendo adicionados de 20 mL de solução nutritiva (Hoogland; Arnon, 1950) modificada, no quinto e décimo dia após a semeadura.

## **2.7 Avaliações**

O experimento foi finalizado aos 80 dias de após a germinação (DAG) das sementes, sendo as plantas coletadas e separadas em parte aéreas e raízes, os quais foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C até a constatação de peso constante. Posteriormente, foram pesadas, obtendo-se a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raízes (MSR) e matéria seca total (MSPA+MSR). A MSPA das plantas foi moída e analisada quimicamente quanto aos teores de N e P, conforme Zarosky & Baurau (1977) e Malavolta et al. (1997).

## **2.8 Extração de esporos e identificação das espécies**

Amostras de solo (50 g) de cada tratamento foram repetidamente lavadas com água corrente e posteriormente passadas por peneiras de malha de nylon de 40 a 50µm, 100µm e 250µm. O material retido nas peneiras foi transferido para tubos contendo um gradiente de sacarose (20 e 60%) e centrifugados a 2000 rpm por um minuto. O sobrenadante foi lavado e passado em uma peneira de 50µm e os esporos retidos foram transferidos para uma placa de Petri e contados com o auxílio de uma lupa microscópica Nikon SMZ-U. Os esporos selecionados foram separados por morfotipo e contados, em placas de Petri, e montados em lâminas com álcool polivinílico lactoglicerol (PVLG), para avaliação microscópica das características fenotípicas estruturais e identificação taxonômica, conforme descrição de espécies nas páginas do International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) (<http://www.invam.caf.wvu.edu>) e do Plant Pathology Department (<http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/>).

## 2.9 Determinação do percentual de colonização micorrízica

No momento da coleta e separação da parte aérea e raízes, foram retirados cerca de 1 g destas últimas e conservadas em etanol a 50% para posterior determinação da clarificação, coloração (Koske & Gemma, 1989), o qual possibilitará a determinação da colonização micorrízica pelo método da interseção em placa de Petri reticulada (Giovannetti & Mosse, 1980).

## 2.10 Análise estatística

Todos os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade e em seguida realizados as análises de variância e teste de médias comparadas pelo teste de médias Scott-Knott a 5%, usando-se o Programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011). Os dados de abundância total de esporos foram  $\log(x + 1)$  transformados antes da análise para atender à normalidade e homogeneidade de variância. As diferenças nas propriedades químicas do solo, abundância total de esporos e riqueza de espécies entre as UA foram testadas usando uma análise de variância unidirecional (ANOVA) após o teste post hoc de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ) e tratando o número de pontos de amostragem coletados em cada área como replica. A riqueza de espécies de FMA foi determinada pela contagem de espécies de fungos por amostra de solo. O número de esporos foi usado para calcular o índice de diversidade de Shannon ( $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ), em que  $P_i$  é a abundância relativa de esporos da espécie, considerando todas as espécies) e a uniformidade de Pielou ( $J' = H' / H'_{\max}$ ) em que  $H'_{\max}$  é o log do número total de espécies utilizando o software PAST (PAleontological STatistics) (Hammer et al., 2001; Magurran, 2004).

## 3 Resultados

Na tabela 1, são apresentados os resultados das análises químicas das amostras dos solos de cada uma das UA.

A área com pastagem (PS) foi a que apresentou o maior valor de pH, sendo este significativo em relação a todas as outras áreas, as quais, por sua vez não

diferiram entre si, apresentando valores entre 4,42 a 4,84, podendo estas serem enquadradas como de acidez elevada.

Os demais atributos químicos do solo também variaram entre as áreas ( $p < 0,05$ ). A área de cultivo de café em consórcio com grevileas apresentou maior teor de P (9,0 mg.dm<sup>3</sup>), enquanto Pastagem se diferenciou das demais áreas ( $p < 0,05$ ) com maiores valores relacionados ao teor de Mg, soma de bases, capacidade efetiva de troca catiônica (t) e saturação de bases (V). Mata nativa, dentre as áreas, apresentou os maiores valores de Al, H<sup>+</sup> e saturação por alumínio (m) e o menor valor para Ca ( $p < 0,05$ ). Não houve diferenças entre as áreas ( $p > 0,05$ ) para K e capacidade de troca catiônica a pH 7 (T) (Tabela 1).

Após cultivo do feijão-caupi, as comunidades de FMAs presentes nos solos de cada tratamento foram caracterizadas, e um total de 37 morfotipos, sendo 27 deles identificados em nível de espécie, foi obtido. Os FMAs se encontraram distribuídos entre nove famílias, sendo *Glomeraceae* e *Acaulosporaceae* as mais representativas (Tabela 2). A riqueza de espécies variou entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), sendo registrado maior número de espécies para solos sob mata nativa (n=23) e café a pleno sol, no espaçamento 2,0 x 0,50 m (n=21). Para os demais tratamentos, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) quanto à riqueza de espécies (n=12, em solos de café a pleno sol, no espaçamento 1,70 x 0,70 m; n=10 em solos de café em consórcio com grevileas; n=7, em solos de pastagem) (Tabela 2). De acordo com a classificação de Zhang et al. (2004), a maioria das espécies de FMAs (54% do total) foram consideradas de ocorrência rara e apenas *Acaulospora mellea* e *Glomus geosporum* foram dominantes (Tabela 2). As demais espécies foram classificadas como de ocorrência comum ou muito comum.

**Tabela 1:** Características da fertilidade do solo das unidades de amostragem utilizadas como inóculo na eficiência no cultivo do feijão caupi.

Tratamentos	pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	S.B	t	T	V	m
		mg/dm <sup>3</sup>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....%
CCG	4,60 b	9,0 a	0,13 a	3,20 a	1,12 b	1,02 b	8,82 b	4,45 b	5,47 b	14,20 a	33,50 b	19,50 b
CE1	4,67 b	4,5 b	0,20 a	2,75 a	0,95 b	1,15 b	9,57 b	3,50 b	4,65 b	14,22 a	24,75 b	24,75 b
CE2	4,84 b	2,7 b	0,15 a	2,75 a	0,97 b	0,92 b	9,10 b	3,35 b	5,15 b	14,25 a	31,25 b	19,50 b
PBb	5,82 a	2,7 b	0,14 a	3,65 a	2,77 a	0,12 c	5,95 b	6,60 a	6,72 a	12,67 a	52,00 a	2,00 c
VNa	4,42 b	1,0 b	0,08 a	0,67 b	0,67 b	2,82 a	14,12 a	1,45 c	4,27 b	18,40 a	8,00 c	66,00 a
CV%	5,32	32,68	34,38	26,61	33,65	42,24	25,67	31,32	16,29	17,59	29,09	34,32

CCG: Café consorciado com grevilea; CE1: café a pleno sol com espaçamento de 2,50 x 0,50 cm; CE2: café a pleno sol com espaçamento de 1,70 x 0,70; PS: pastagem cultivada com *Brachiaria brizantha*; MN: mata nativa. Médias seguidas de letras iguais dentro de uma coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott a 5%.

**Tabela 2:** Espécies de FMAs identificadas em solos de mata nativa, pastagem e sob cultivo de café em diferentes manejos, na região de Planalto de Conquista/BA, utilizadas como inoculo na eficiência do cultivo do feijão caupi.

Famílias/espécies de FMAs <sup>a</sup>	Sistemas de uso do solo (sítios de coleta) <sup>b</sup>						
	CCG	CE1	CE2	PS	MN	D <sup>c</sup>	FR <sup>d</sup> (%)
<b>Acaulosporaceae</b>							
<i>Acaulospora delicata</i> (C. Walker, C.M. Pfeiff. & Bloss)		12	48		4	64	25
<i>Acaulospora denticulata</i> (Sieverd. & S. Toro, <i>Angewandte Botanik</i> )		95			29	124	15
<i>Acaulospora foveata</i> (Trappe & Janos)	14	2				16	10
<i>Acaulospora kentinensis</i> (C.G. Wu & Y.S. Liu ex Kaonongbua, J.B. Morton & Bever)	114					114	10
<i>Acaulospora mellea</i> (Spain & N.C. Schenck)	36	76	37		167	316	55
<i>Acaulospora reducta</i> (Oehl, B.T. Goto & C.M.R. Pereira)					23	23	10
<i>Acaulospora scrobiculata</i> (Trappe)	35	52	348	2	5	442	50
<i>Acaulospora spinosa</i> (C. Walker & Trappe)		1				1	5
<i>Acaulospora tuberculata</i> (Janos & Trappe)		14				14	15
<b>Ambisporaceae</b>							
<i>Ambispora sp.</i>					8	8	10
<b>Archaeosporaceae</b>							
<i>Archaeospora trappei</i> (R.N. Ames & Linderman) J.B. Morton & D. Redecker			2		22	24	5
<b>Claroideoglomeraceae</b>							
<i>Claroideoglosum etunicatum</i> (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & Schuessler		61			32	93	20
<b>Dentiscutataceae</b>							
<i>Dentiscutata biornata</i> (Spain, Sieverd. & S. Toro) Sieverd., F.A. Souza & Oehl		1			10	11	10
<b>Gigasporaceae</b>							
<i>Gigaspora albida</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm)		3		28		31	15
<i>Gigaspora rosea</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck)		3	25	32		60	20
<i>Gigaspora sp.</i>				138		138	10
<i>Scutellospora calospora</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders					1	1	5
<i>Scutellospora cerradensis</i> (Spain & J. Miranda)							
<b>Glomeraceae</b>							
<i>Glomus ambisporum</i> (G.S. Sm. & N.C. Schenck)	251	32				283	25
<i>Glomus Fuegianum</i> (Trappe & Gerd)		52			22	74	15
<i>Glomus geosporum</i> ((T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker	129	128	65	245	153	720	65
<i>Glomus sp.</i>	63		17		50	130	30

Famílias/espécies de FMAs <sup>a</sup>	Sistemas de uso do solo (sítios de coleta) <sup>b</sup>						
	CCG	CE1	CE2	PS	MN	D <sup>c</sup>	FR <sup>d</sup> (%)
<b>Glomeraceae</b>							
<i>Glomus sp1.</i>		36	89		66	191	20
<i>Glomus sp2.</i>		90	21			111	15
<i>Glomus sp3.</i>		65	157		107	329	45
<i>Glomus sp4.</i>		19				19	5
<i>Glomus sp5.</i>					8	8	5
<i>Rhizophagus fasciculatus</i> (C. Walker & A. Schüßler)		7				7	5
<i>Rhizoglyphus fasciculatus</i> (Sieverd., G.A. Silva & Oehl)	82		32		15	129	25
<i>Rhizoglyphus intraradices</i> ((N.C. Schenck & G.S. Sm.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl)	10					10	5
<i>Septoglyphus constrictum</i> (Trappe) Sieverd., G.A. Silva & Oehl					2	2	5
<i>Septoglyphus sp.</i>	26					26	10
<b>Intraornatosporaceae</b>							
<i>Intraornatospora intraornata</i> (B.T. Goto & Oehl) B.T. Goto, Oehl & G.A. Silva			5		16	21	10
<b>Racocetraceae</b>							
<i>Racocetra fulgida</i> (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. Souza & Sieverd					2	2	5
<i>Racocetra intraornata</i> (B.T. Goto & Oehl)		15		14	2	31	25
<i>Racocetra SP.</i>				38		38	5
<i>Racocetra verrucosa</i> (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. Souza & Sieverd		11			2	13	10
<b>Número de espécies Total</b>	10 b	21 a	12 b	7 b	23 a		
<b>Total de esporos por área</b>	760 a	775 a	846 a	497 a	748 a		
<b>Shannon Index (H)</b>	0,84 a	1,11 a	0,81 a	0,59 a	1,03 a		
<b>Margalef's index</b>	3,12 a	6,92 a	3,76 a	2,22 a	7,65 a		
<b>Pielou's equitability</b>	0,84 a	0,84 a	0,75 a	0,70 a	0,76 a		

<sup>a</sup> Classificação de Glomeromycota por Redecker et al. (2013).

<sup>b</sup> MN: Mata nativa (Mata de Cipó); PS: pastagem cultivada com *Brachiaria brizantha*; CCG: Café consorciado com grevilea; CE1: Café a pleno solo, espaçamento de 2,50 X 0,50 cm; CE2: Café a pleno solo, espaçamento de 1,70 x 0,70 cm

<sup>c</sup> Densidade total de esporos de cada morfotipo identificado;

<sup>d</sup> Frequência relativa de cada morfotipo em relação as áreas de coleta.

A esporulação pelos FMAs, após 80 dias de cultivo do feijão-caupi, não diferiu significativamente ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos, sendo a média de 187 esporos encontrada em tratamentos com solo de CCG, 193 esporos com os solo de CE1, 211 esporos com os de solo de CE2, 187 com os de solo MN e 98 com



os de solo de PS. A espécie com maior densidade total de esporos (50 g de solo) foi *Acaulospora scrobiculata* (n=435), seguido por *Glomus fuegianum* (n=407), *Acaulospora mellea* (n=316), *Glomus* sp3 (n=301), *Glomus ambisporum* (283). Para as demais espécies, foi verificada densidade total inferior a 200 esporos em 50 g de solo (Tabela 2). A média de esporulação do tratamento com FMAs referências (*R. clarus* e *C. etunicatum*), após 80 dias do cultivo com feijão-caupi, também foi avaliada (média de 124 esporos), sendo que nenhuma diferença significativa foi verificada para esse tratamento em relação aos demais.

As plantas de feijão caupi dos tratamentos envolvendo comunidade de FMA presente em solos cultivados com café em consórcio com grevileas, pastagem, mata nativa e tratamento com espécies de FMAs referências (*R. clarus* e *C. etunicatum*) apresentaram as maiores taxas de colonização radicular ( $p < 0,05$ ), cuja média geral foi de 82% (Tabela 3).

**Tabela 3:** Teores de fósforo foliar (P), nitrogênio foliar (N) e porcentagem de colonização micorrízica radicular em feijão-caupi (*Vigna unguiculada* L.), após 80 dias de inoculação com diferentes tratamentos de inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), além de tratamentos sem inoculação.

Tratamentos*	Teor de P foliar	Teor de N foliar	Colonização
	(g/kg <sup>-1</sup> )		(%)
CCG	7,60 a	7,79 c	85,16 a
CE1	5,38 b	15,70 b	69,47 b
CE2	7,59 a	8,49 c	72,18 b
PS	7,61 a	12,74 b	77,68 a
MN	4,13 c	26,75 a	80,63 a
CR	4,19 c	23,68 a	85,90 a
NI	4,47 c	27,07a	0 c
CV%	4,86	5,64	9,11

Ver Tabela 2 para identificação das comunidades de FMAs presentes nos tratamentos. CCG: Café consorciado com grevilea; CE1: café a pleno sol com espaçamento de 2,50 x 0,50 cm; CE2: café a pleno sol com espaçamento de 1,70 x 0,70; PS: pastagem cultivada com *Brachiaria brizantha*; MN: mata nativa; CR: FMAs referências (*R. clarus* e *C. etunicatum*); NI: Não inoculado. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knotta 5%.

Plantas inoculadas com comunidade de FMA provenientes de solos sob cultivo de café a pleno sol nos espaçamentos 2,0 x 0,50 m e 1,70 x 0,70 m, apresentaram as menores taxas de colonização radicular do feijão-caupi (69,47 e 72,18%, respectivamente) (Tabela 3).

Maiores teores de fósforo na parte aérea das plantas de feijão-caupi ( $p < 0,05$ ) foram registrados para os tratamentos envolvendo solos sob cultivo de café com grevilea, pastagem e café a pleno sol, espaçamento de 1,70 X 0,70 cm (média de 7,6 g Kg<sup>-1</sup>), seguido do tratamento com solo sob cultivo de café a pleno sol, no espaçamento 2,0 x 0,50 m, (média de 5,38 g Kg<sup>-1</sup>) (Tabela 3). Os demais tratamentos não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ), sendo 4,26 g Kg<sup>-1</sup> a média de teor de P encontrado na parte aérea das plantas de feijão-caupi (Tabela 3).

Os teores de nitrogênio na parte aérea do feijão caupi variaram significativamente entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), conforme exposto na Tabela 3. Maiores médias de teor de N foliar foram registradas para os tratamentos com FMAs de referências (23,68 g Kg<sup>-1</sup>) MN (26,75 g Kg<sup>-1</sup>) e NI (27,07 g Kg<sup>-1</sup>) que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ). Menores médias de teor de N foliar foram verificadas para os tratamentos envolvendo inoculação com comunidades de FMAs de solos cultivados com café em consórcio com grevileas (7,79 g Kg<sup>-1</sup>) e café a pleno sol, espaçamento de 1,70 x 0,70 m (8,49 g Kg<sup>-1</sup>) (Tabela 3).

Para altura das plantas, não foram observadas, de forma geral, diferenças entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) (Tabela 4). Enquanto que efeitos distintos foram observados entre os tratamentos contendo comunidades de FMAs das áreas de estudos quanto às médias de matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MSPA + MSR) de plantas de feijão-caupi (Tabela 4). Dentre as comunidades de FMAs encontradas nas áreas de estudo e empregadas na inoculação do feijão-caupi, aquelas provenientes de solo cultivado com café em consórcio com grevileas, apresentaram rendimentos de MSPA (3,19 g), MSR (1,11 g) e MSPA+MSR (4,31 g). Esses valores foram o que mais se aproximaram do tratamento com FMAs referências, cujas plantas inoculadas apresentaram as melhores médias ( $p < 0,05$ ) para aquelas variáveis (5,59 g, 1,96 g e 7,55 g, para MSPA, MSR e MSPA+MSR, respectivamente) (Tabela 4).

**Tabela 4:** Altura, matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MSPA + MSR) de plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculada* L.), após 80 dias de inoculação com diferentes tratamentos de inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), além de tratamentos sem inoculação.

Tratamentos*	MSPA	MSR	MSPA+MSR	Altura
	g			cm
CCG	3,19 b	1,11 b	4,31 b	17,62 a
CE1	2,56 b	0,84 c	0,84 e	17,45 a
CE2	2,91 b	1,04 b	1,04 e	18,10 a
PS	2,45 b	0,83 c	3,28 c	17,60 a
MN	1,86 c	0,90 c	2,76 d	16,82 a
CR	5,59 a	1,96 a	7,55 a	19,00 a
NI	1,80 c	1,03 b	2,83 c	16,23 a
CV%	18,62	11,59	12,92	8,53

\*Ver Tabela 2 para identificação das comunidades de FMAs presentes nos tratamentos. CCG: Café consorciado com grevilea; CE1: café a pleno sol com espaçamento de 2,50 x 0,50 cm; CE2: café a pleno sol com espaçamento de 1,70 x 0,70; PS: pastagem cultivada com *Brachiaria brizantha*; MN: mata nativa; CR: FMAs referências (*R. clarus* e *C. etunicatum*); NI: Não inoculado. Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knotta 5%.

#### 4 Discussão

A suscetibilidade do feijão-caupi à colonização micorrízica e seus efeitos no crescimento e nutrição dessa leguminosa vêm sendo reportados na literatura (Rohyadi et al., 2004; Silva et al., 2009; Santana et al., 2014; Cruz et al., 2017). Contudo, a maioria dos estudos tem empregado isolados de FMAs em culturas puras, mantidas em coleções, sendo muitos desses fungos de origem distinta daquelas regiões onde o feijão-caupi é amplo e tradicionalmente cultivado, como no Norte e Nordeste do Brasil (Agência Prodetec, 2009). Neste trabalho, caracterizou-se comunidade de FMA isolados de diferentes sistemas de uso do solo, no Planalto da Conquista/BA, Nordeste brasileiro e avaliou a eficiência dessas comunidades na promoção do crescimento e nutrição do feijão-caupi, comparando-as com dois isolados de FMAs referências (*R. clarus* e *C. etunicatum*) e um controle não inoculado. Nossos dados representam uma triagem a fim de selecionar FMAs eficientes para inoculação da cultura de Caupi

de acordo com as condições particulares do solo de uma região onde essa leguminosa é tipicamente cultivada.

Sabe-se que as culturas armadilhas atuam como um filtro, permitindo esporulação de apenas parte das espécies de FMAs indígenas agressivas o suficiente para colonizar e esporular rapidamente a planta hospedeira cultivada sob condições artificiais controladas e em curto espaço de tempo (Leal et al., 2017). Contudo, após 80 dias de cultivo de feijão caupi, foi possível recuperar um total de 37 morfotipos de FMAs que estavam presentes nas áreas do presente estudo. Esse número foi superior ao registrado por Leal et al. (2009) que recuperaram 23 espécies de FMAs a partir de culturas armadilhas tendo diferentes plantas hospedeiras, incluindo feijão caupi, e solos inóculos provenientes de seis distintos sistemas de uso da terra, na Amazônia (Floresta Primária, Floresta Secundária Velha e Nova, Agrofloresta, Roça e Pastagem).

Observou-se que características edáficas se diferenciaram entre as áreas avaliadas, mas isso parece não ter sido fator determinante para justificar a diferença na riqueza de espécies verificada entre as comunidades de FMAs. Por exemplo, CCG e PS não se diferiram em relação ao número de espécies de FMAs recuperadas, ainda que diferenças significativas entre esses locais tenham sido registradas quanto aos valores de P, pH,  $Mg^{2+}$ , Al,  $H^+$ , S.B, t, V e m (Tabela 1). Isso indica que a diversidade de FMAs esteve mais relacionada a outras características do ambiente como, por exemplo, a diversidade florística nos locais de estudo as quais esses fungos estiveram associados, uma vez a presença de FMAs e sua diversidade taxonômica, genética e funcional estão diretamente relacionadas às plantas e processos do solo (Bever et al., 1996; Ohel et al., 2003).

Apesar da ausência de especificidade na simbiose micorrízica arbuscular, os efeitos dessa associação podem variar de acordo com a espécie da planta, do fungo e das condições ambientais onde eles se encontram. Em relação à taxa de colonização micorrízica observou-se que a comunidade dos solos cultivados com café a pleno sol, independente do espaçamento, foram os tratamentos menos eficientes, mas ainda com uma média elevada da taxa de colonização (70%), o que permite considerar essas comunidades com bom potencial de inóculo, conforme Silva et al. (2009). Para os demais tratamentos a taxa de colonização do feijão caupi variou de 77,68% (Pastagem) a 85,90% (FMAs

referências), valores esses que superaram os registrados por Rohyadi et al. (2004) que reportaram colonização média superior a 35% em feijão caupi inoculado com *Gigaspora margarita* e *Glomus etunicatum*.

*Rhizophagus clarus* e *Claroideoglomus etunicatum* foram escolhidos como FMAs referências, uma vez que eles têm sido reportados na literatura como eficientes promotores de crescimento e de nutrição mineral do feijão caupi: Cruz et al. (2017) verificou que a inoculação da espécie *Rhizophagus clarus* (= *Glomus clarum*) no feijão caupi proporcionou incrementos na massa da planta em comparação com o controle, conseqüentemente, influenciando no crescimento e produção do feijão. Andrade et al. (2009) constataram alta capacidade infectiva do feijão caupi pela espécie *Claroideoglomus etunicatum* (= *Glomus etunicatum*) que promoveu aumento significativo da matéria seca aérea quando comparado com o fungo *Gigaspora albida*. De fato, verificou-se que *R. clarus* e *C. etunicatum* se destacaram como melhor tratamento, se diferenciando dos demais ( $p < 0,05$ ), quanto a MSPA, MSR e MSPA+MSR de feijão. Contudo, resultados interessantes foram observados em relação aos demais tratamentos envolvendo as comunidades de FMAs das áreas de estudo.

O maior teor de P foliar em feijão caupi foi registrado para o tratamento CCG ( $7,60 \text{ g.Kg}^{-1}$ ) onde foi verificada a ocorrência de esporos das espécies *Acaulospora foveata*, *Acaulospora kentinensis*, *Acaulospora mellea*, *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus ambisporum*, *Glomus geosporum*, *Glomus sp.*, *Rhizoglomus fasciculatum*, *Rhizoglomus intraradices*, *Septoglomus sp.*, sendo que dessas dez espécies apenas uma (*A. foveata*) foi registrada quanto a sua eficiência na cultura do feijão caupi (Silva et al., 2009), sugerindo que as demais espécies apresentam potencial para inoculação de feijão caupi, e merecem estudos como cultura pura para melhor entendimento neste sentido. Todos os tratamentos apresentaram teores de P foliar acima de  $4 \text{ g.kg}^{-1}$ , valor superior aos encontrados por Silva et al. (2018) que constataram variação de 0,78 e  $1,52 \text{ g kg}^{-1}$  de teor de P na parte aérea de feijão caupi entre 23 tratamentos envolvendo inoculação com diversas espécies de FMAs.

Para teor de N foliar nas plantas de feijão caupi, os melhores tratamentos foram os que envolveram FMAs referências ( $23,68 \text{ g Kg}^{-1}$ ) e comunidades micorrízicas de MN ( $26,75 \text{ g Kg}^{-1}$ ), sendo esses valores similares aos verificados por Silva et al. (2009) para a maioria dos tratamentos de inoculação de feijão

caupi com isolados de FMAs. Para os demais tratamentos, em que o teor de N foliar variou de 7,79 g Kg<sup>-1</sup> (CCG) a 15,70g Kg<sup>-1</sup> (CE1), uma alternativa para elevar o incremento desse nutriente é a co-inoculação das plantas de caupi com FMAs e bactérias fixadoras de nitrogênio. De acordo com Silva et al. (2009), os efeitos das MAs no fornecimento da nutrição nitrogenada é mais frequente quando ocorre sinergia entre a micorrização e a nodulação o que não ocorreu neste experimento.

A produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MSPA+MSR) variou significativamente entre tratamentos de inoculação. Conforme mencionado anteriormente, a inoculação com FMAs referências foi o melhor tratamento para a promoção do crescimento das plantas de caupi. Mas ao comparar os demais tratamentos envolvendo inoculação com FMAs e o controle NI, notou-se que CCG foi o que melhor resultou em incrementos de MSPA (77,22%), MSR (7,76%) e MSPA+MSR (52,30%). Nesse tratamento foi registrada ocorrência predominante dos gêneros *Acaulospora* e *Glomus*, o que corrobora com o observado por Silva et al (2018) que indicaram morfotipos do gênero *Glomus* e *Acaulospora*, inoculados separadamente ou combinados, como os que exerceram efeitos mais expressivos no crescimento e rendimentos de grãos do feijão caupi. Interessante ressaltar que, em CCG, maior abundância de esporos foi atribuída às espécies *G. ambisporum*, *G. geosporum* e *A. kentinensis*, para as quais não foi encontrado nenhum registro na literatura relacionando essas espécies como eficientes na promoção do crescimento de feijão caupi ou de qualquer outra leguminosa.

## 5 Conclusões

Os fungos isolados de solos da região de Barra do Choça, BA sob diferentes sistemas de uso apresentam comportamento muito variado em relação à colonização, efeitos na absorção de P e no crescimento do feijão caupi.

O tratamento referência com os fungos (*R. clarus* e *C. etunicatum*) como já esperado apresentaram os melhores valores referentes a colonização e crescimento do feijão caupi.

O segundo tratamento mais eficiente foi referente ao solo sob cultivo de café consorciado com grevilea (CCG) do qual foi recuperado as espécies: *Acaulospora foveata*, *Acaulospora kentinensis*, *Acaulospora mellea*, *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus ambisporum*, *Glomus geosporum*, *Glomus sp.*, *Rhizoglomus fasciculatum*, *Rhizoglomus intraradices*, *Septoglomus sp.*

## Referências

- Agência Prodetec. 2009. **Feijão caupi tem grande potencial de produção e lucro no meio norte**. Disponível em: < [http://agenciaprodetec.com.br/estudos-e-pesquisas/109 feijaocaupi-tem-grande-potencial-de-producao-e-lucro-no-meio-norte-.html](http://agenciaprodetec.com.br/estudos-e-pesquisas/109_feijaocaupi-tem-grande-potencial-de-producao-e-lucro-no-meio-norte-.html)>. Acesso em: 20 julho 2019
- ALMEIDA, A. L. G.; ALCANTARA, R. M. C. M.; NÓBREGA, R. S. A.; NOBREGA, J. C. A.; LEITE, L. F. C.; SILVA, J. A. L. Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.3, p.364-369, jul.-set., 2010.
- Almeida, R.T.; Ollivier, B.; Diem, H.G. Effect of *Glomus mosseae* and *Pratylenchus sefaensis* on growth of *Vigna unguiculata*. **Ciência Agrônômica**, 15(1-2): 19-23, 1984.
- ANDRADE, M. M. M.; STAMFORD, N. P.; SOUSA, C. A.; SILVEIRA, A. C. G. A.; FREITAS, A. D. S.; SANTOS, C. E. R. S. Fertilização mineral e biofertilizante de rochas com *Bradyrhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares em caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 289-292, jul. - set., 2009
- BAINARD, L. D.; DAÍ, M.; GOMES, E. F.; ARIAS, Y. T.; BAINARD, J. D.; SHENG, M.; EILERS, W.; HAMEL, C. Arbuscular mycorrhizal fungal communities are influenced by agricultural land use and not soil type among the Chernozem great groups of the Canadian Prairies. **Plant Soil**, october 2015.
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N. M. C. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p.166-175, 2010
- 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**, v.84, p.71-82, 1996
- BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNADEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, v.40, n.5, mai, 2010.
- CHIOMENTO, J. L. T.; STURNER, S. L.; CARRENHO, R.; COSTA, R. C.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; ANTUNES, L. E. C.; NIEWON, A. A.; CALVETE, E. O. Composition of arbuscular mycorrhizal fungi communities signals generalist species in soils cultivated with strawberry. **Scientia Horticulturae** n 253 p. 286–294, 2019.
- COLLINS, C.D.; FOSTER, B.L. Community-level consequences of mycorrhizae depend on phosphorus availability. **Ecology**, **90**, 2567– 2576, 2009.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 6– Safra 2018/2019, n. 7 – Sétimo levantamento, Brasília, p. 1-119, Abril de 2019.
- CRUZ, E. C.; SOBREIRA, A. C.; BARROS, D. L., GOMIDE, P. H. O. Doses de fósforo e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e produção do feijão-caupi em Roraima. **Bol. Mus. Int. de Roraima**. ISSN (online): 2317-5206. v 11, N.(1), P: 21– 28, 2017



DANTAS, J.P. et al. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Rev Bras de Eng Agríc Ambient**, Campina Grande, v.6, n.3, p.425-430, 2002.

EDATHIL, T. T.; MANIAN, S.; UDAIYAN, K. Interaction of multiple VAM fungal species on root colonization, plant grown and nutrient status of tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam**, v. 59, n. 1-2, p. 63-68, 1996.

Embrapa. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011.230 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 132).

FAQUIN V; ANDRADE AT. 2004. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE. 88p.LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicativos**. Fortaleza: INCT Sal, p. 205-218, 2010.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FLORES-AYLAS, W. W.; SAGGIN-JUNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 38, n. 2, p. 257-266, fev. 2003

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K.J.D. e; NOGUEIRA, M.S.R.; RODRIGUES, E.V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.

GAI, J. P.; CHRISTIE, P.; CAI, X. B.; FAN, J. Q.; ZHANG, J. L.; FENG, G.; LI, X. L. Occurrence and distribution of arbuscular mycorrhizal fungal species in three types of grassland community of the Tibetan Plateau. *Ecological Research*, Beijing, v. 24, n. 6, p. 1345-1350, 2009.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring VA mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.A. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologica Electronica**, vol. 4, issue 1, art. p. 4:9, 178 kb, 2001.

HOOGLAND, D. C.; ARNON, D. I. The water culture method of growing plants without soil. **Berkeley: University of California**, 32 p, 1950.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro, 271 p, 2012.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: **Köppen W, Geiger R (eds) Handbuch der Klimato - logie**. **Gebrüder Borntraeger**, Berlin, p 1–44, 1936.

LIMA, R.L.F.A.;SALCEDO, I.H.&FRAGA, V.S. Propágulos de fungos micorrízicos arbusculares em solos deficientes em fósforo sob diferentes usos, da região semi-árida no nordeste do brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:257-268, 2007

MAGURRAN AE. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton, NJ: Princeton University Press; 1988.

MAIA, L.C.; YANO-MELO, A.M. & GOTO, B.T. Filo Glomeromycota. In GUSMÃO, L.F.P.; MAIA, L.C. Eds. **Diversidade e caracterização dos fungos do semiárido Brasileiro**. Recife, Associação Plantas do Nordeste – APNE, v.2, 2006. p.109-126.

MAIA, L.C.; SILVA, G.A.; YANO-MELO, A.M. & GOTO, B.T. Fungos Micorrízicos Arbusculares no Bioma Caatinga. In Siqueira, J.O. Souza, F.A. Cardoso, E.J.B.N. & Tsai, S.M. Eds. **MICORRIZAS: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p.311-339.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. POTAFOS. Piracicaba. 201p, 1997.

MARINS, J. F.; CARRENHO, R. Arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate fungi in plants associated with aquatic environments. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n (2), p: 295-308, 2017.

OEHL F, SIEVERDING E, INEICHEN K, MÄDER P, BOLLER T, WIEMKEN A. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. **Applied and Environmental Microbiology** 69: 2816– 2824, 2003.

OLIVEIRA, J. R. G.; SILVA, E. M.; RIOS, T. T.; MELO, N. F.; YANO-MELO, A. M. Response of an endangered tree species from Caatinga to mycorrhization and phosphorus fertilization. **Acta Botanica Brasilica** 29(1): 94-102. 2015.

PAGANO, M. C.; CABELLO, M. N.; BELLOTE, A. F.; SÓ, N. M; SCOTTI, M. R. Intercropping system of tropical leguminous species and *Eucalyptus camaldulensis*, inoculated with rhizobia and/or mycorrhizal fungi in semiarid Brazil. **Agroforest Syst**, n74: p 231–242, 2008.

PEDONE-BONFIM, M. V. L.; SILVA, D. K. A.; MAIA, L.C.; YANO-MELO, A. M. Mycorrhizal benefits on native plants of the Caatinga, a Brazilian dry tropical forest. **Symbiosis**, 2017.

PHILLIPS, J.M.; HAYMANN, D.S. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of British Mycological Society**, v. 55, n. (1), p. 158-161, 1970.

POUYU-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J. O.; SANTOS, J. G. D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 413-424, 2006

PRATES JÚNIOR, P.; MOREIRA, B.C.; da SILVA, M.C.S.; VELOSO, T.G.R.; STÜRMER, S.L.; FERNANDES, R.B.A. MENDONÇA, E.S.; KASUYA, M.C.M. Agroecological coffee management increases arbuscular mycorrhizal fungi diversity. **PLoS ONE**. v.14.p.e0209093,2019.

REDECKER, D.; SCHÜBLER, A.; STOCKINGER, H.; STÜRMER, S.; MORTON, J.; WALKER, C. An evidence-based consensus for the classification of

arbuscularmycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**, v. 23, n. 7, p. 515-531, 2013.

ROHYADI, A.; SMITH, F.A.; MURRAY, R.S.; SMITH, S.E. Effects pH on mycorrhizal colonisation and nutrient uptake in cowpea under contitions that minimise confounding effects of elevated available aluminium. **Pant and Soil**, 260(1-2): 283-290, 2004.

SANTANA, W. D.; CUNHA, K. M.; SILVA, N. R.; SILVA, J.; TAVARES, R. C. Desempenho do feijão-caupi (*vigna unguiculata* (l. walp) associado a fungos micorrízicos arbusculares em ambiente salino. **Amazon Soil – I Encontro de Ciência do Solo da Amazônia Oriental**, p. 73-80., 2014.

SCHIAVO, J. A.; AZEVEDO, L. S.; LIMA, M. F.; OLIVEIRA, N. S.; LOPES, V. R. Crescimento inicial de cana-de-açúcar inoculada com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. (2): P.398-407, 2018.

SILVA, G. A.; SIQUEIRA, J. O.; STURMER, S. L. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos sob diferentes sistemas de uso na região do Alto Solimões na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 3, p: 477-488, 2009.

SILVA, E. V. N.; LIMA, C. E. P.; OLIVEIRA, W. S.; MERGULHÃO, A. C. E. S.; FIGUEIREDO, M. V. B. Arbuscular mycorrhizal fungi activity in Haplic Luvisol on the semi-arid region of Pernambuco – Brazil. **Revista Ciencia Agrária.**, v. 60, n. 2, p. 185-191, abr./jun. 2017.

SILVA, G. A.; SIQUEIRA, J. O.; STURMER, S. L.; MOREIRA, M. S. Effectiveness of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Isolates from the Land Uses of Amazon Region in Symbiosis with Cowpea. **An Acad Bras Cienc** ; 90(1): 357-371, 2018

SILVA, R. F.; MARCO, R.; BERTOLLO, G. M.; MATSOUKA, M.; MENEGOL, D. R. The influence of soil use on the occurrence and diversity of AMFs in a oxisol from Southern Brazil. **Ciências Agrárias, Londrina**, v. 36, n. 3, suplemento 1, p. 1851-1862, 2015.

SMITH, S. E.; READ, D. **Mycorrhizal Symbiosis**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2008. 787 p.

SOUZA, F. A., STÜRMER, S. L., CARRENHO, R. & TRUFEM, S. F. B. 2010. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J. O., SOUZA, F. A., CARDOSO, E. J. B. N. & TSAI, S. M (Eds.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA

SOUZA, R.G.; MAIA, L.C.;SALES, M.F.e TRUFEM, S.F.B. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, V.26, n.1, p.49-60, mar. 2003.

TAFFOUO, V. D.; NGWENE, B.; AKOA, A.; FRANKEN, P. Influence of phosphorus application and arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, foliar nitrogen mobilization, and phosphorus partitioning in cowpea plants. **Mycorrhiza**, v.24, p:361–368, 2014.

TEIXEIRA-RIOS, T.; OLIVEIRA, J. R. G.; YANO-MELO, A. M. Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus in the initial development of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) **Poir. Braz. J. Bot.**, n 39(4): p 997–1004, 2016.

TRISTÃO, F. S. M.; ANDRADE, S. D. L.; SILVEIRA, A. P. D. Fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de cafeeiro, em substratos orgânicos comerciais. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.4, p.649-658, 2006

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE, 124 p, 1991.

VELOSO, C. A. C.; SILVA, A. R.; MARTINEZ, G. B.; EL-HUSNY, J. C.; CARVALHO, E. J. M. Adubação fosfatada e potássica para a cultura do feijão-caupi no Nordeste Paraense. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 34., 2013, Florianópolis. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

ZAROSKY, R.J.; BURAU, R.G. A rapid nitric perchloric acid digestion method for multi element tissue analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 8, n. (5), p. 425- 436, 1977.

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A riqueza bem como a abundância dos fungos micorrízicos arbusculares variam de acordo o uso, manejo e as práticas agrícolas aplicadas no cultivo do café, e estudos desse tipo se tornam bastante relevante, principalmente, por auxiliar nas melhores tomadas de decisão na hora do plantio e manutenção da cultura.

Estudos destinados a estabelecer relação entre diversidade funcional e benefícios para as plantas são essenciais e ajudarão a elucidar a relação entre biodiversidade e funcionamento do ecossistema. E para a região de Barra do Choça, no estado da Bahia, esse tipo de estudo é inédito, e de grande relevância por fornece informações úteis para a exploração desses importantes recursos genéticos.