



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

OSCAR OSWALDO PRIETO BENAVIDES

**FATORES AMBIENTAIS E OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES EM FLORESTAS DE ECÓTONO DO LESTE DA ILHA DE  
MARACÁ, RORAIMA**

Boa Vista, RR  
2020

OSCAR OSWALDO PRIETO BENAVIDES

**FATORES AMBIENTAIS E OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES EM FLORESTAS DE ECÓTONO DO LESTE DA ILHA DE  
MARACÁ, RORAIMA**

Tese apresentada como requisito para obtenção do título de Doutor em Recursos Naturais do Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais – PRONAT. Área de concentração: Bioprospecção

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa  
Coorientadora: Profa. Dra. Krisle da Silva

Boa Vista, RR

2020

## OSCAR OSWALDO PRIETO BENAVIDES

*À **minha família**, meus pais que tanto amo José e Olga, meus irmãos Pedro, Maritza, Alexandra, Wilfrido e Ivan, e em especial a minha esposa Lisseth e minha filha Camila Prieto Alcívar.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me ajudado a superar as dificuldades e a tornar possível a realização de um sonho muito importante para mim.

À Organização dos Estados Americanos (OEA) e ao Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB) por ter fornecido uma bolsa de estudos e me permitir cumprir um objetivo muito importante na minha carreira profissional.

Ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais (PRONAT) da Universidade Federal de Roraima, pela realização do doutorado.

À meu orientador, Professor Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa, pela sua ajuda, revisões dos textos, orientação e pela confiança depositada.

À minha coorientadora, Professora Dra. Krisle da Silva, pela constante orientação, disposição e paciência, sem ela, não conseguiria conciliar todas as atividades com o doutorado.

À minha esposa Lisseth Alcívar Ramíres, pelo amor, dedicação, ajuda, e sobretudo pela confiança.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-Roraima), por ter disponibilizado o Laboratório de Microbiologia, equipamentos e reagentes necessários para culminar com êxito o meu trabalho de pesquisa.

Aos meus amigos Eliane e Marco Antonio, pelo ajuda, esforço, ensinamentos e pelo incentivo para a realização das atividades do doutorado.

Ao professor Sidney Stürmer, pela ajuda e auxílio nas identificações taxonômicas realizadas nesta pesquisa.

Aos amigos bolsistas da OEA, Luis, Javier, Shirley, Jonathan, Liliana, Ricardo, Karina, Juan, Domingo, Jairo e Carlos pela amizade e momentos compartilhados.

Aos meus colegas da Universidade Técnica Estatal de Quevedo, Juan Pablo Urdánigo e Fernando Cabezas pela colaboração no meu trabalho.

Aos meus sogros Aracely e Tito por sempre estarem comigo, me ajudando em tudo o que for necessário.

À todos os professores do PRONAT, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos colegas da turma pelo companheirismo e colaboração dos trabalhos.

Finalmente, quero agradecer a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste estudo.

Agradeço.

## RESUMO

As florestas do ecotono do norte da Amazônia brasileira são áreas que representam zonas de transição entre ecossistemas florestais e não florestais. Nestas zonas os solos são pobres em nutrientes e mal drenados. Nestas condições ambientais, *Peltogyne gracilipes* Ducke (Leguminosae), espécie endêmica da região, funciona como indicadora de diferentes tipos florestais, podendo formar florestas monodominantes naturais. Este estudo teve como objetivo avaliar a comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em três tipos florestais, e a relação destes microrganismos com a dominância de *P. gracilipes* em duas estações (seca e chuvosa) no leste da Ilha de Maracá, Roraima, norte da Amazônia brasileira. Para isto, amostras de solos foram coletadas em duas épocas, uma na estação chuvosa e outra na estação seca. As amostras foram coletadas em 9 parcelas, em áreas ricas (FRP), áreas pobres (FPP) e áreas sem *P. gracilipes* (FSP). As amostras de solos foram peneiradas e avaliadas quanto: análise química e granulométrica, densidade e morfologia de esporos e identificação dos FMA. A partir dos dados de morfologia foi calculada a riqueza e diversidade de espécies. Das amostras de solos coletadas também foi realizada a cultura armadilha utilizando *Urochloa brizantha*, na qual também foi avaliada a diversidade de FMA. Amostras de raízes no campo de *P. gracilipes* foram coletadas e avaliadas a taxa de colonização por FMA. Além disso, em cada tipo florestal, foram coletadas amostras de solo de até 1 metro de profundidade para determinação do tipo de solo. A partir dos dados obtidos, foram avaliadas as condicionantes ambientais (fatores edáficos, tipos florestais e sazonalidade) e sua relação com as comunidades de FMA. Uma análise de permutação de variância multivariada foi usada para testar se a composição da comunidade de FMA diferiu entre os tipos de floresta e as estações do ano. Na FRP foram observados maior teor médio de M.O., pH, P, K, Ca, Mg, H+Al, Fe, Zn, Mn e B, comparado com a FSP. As classes de solos predominantes na Ilha de Maracá foram os Argissolos e Plintossolos. A riqueza de esporos em 50 g de solo diferiu entre os locais e o momento da coleta ( $P < 0,01$ ), apresentando diferenças estatísticas significativas, variando entre nove a 13 na estação seca e cinco a nove na estação chuvosa. Foram identificadas 18 e 13 espécies de FMA nas épocas seca e chuvosa, respectivamente, para esporos extraídos do campo. No total, foram detectadas 10 espécies exclusivamente em plantas de armadilhas. As comunidades da FMA foram codominadas por membros da família das Gigasporaceae, Acaulosporaceae e Glomeraceae. Por outro lado, a taxa de colonização micorrízica nas raízes de *P. gracilipes* foi distinta entre as épocas, sendo maior na época seca (63.69 %) em relação a época chuvosa (18.7 %). O teste PERMANOVA baseado em dados de presença e ausência de espécies indicou que a comunidade de FMA diferiu entre todos os locais e épocas. As análises RDA indicaram que vários atributos do solo (pH, Fe, Mg e teor de areia) influenciaram a riqueza das espécies de FMA em ambas estações. O estudo concluiu que as florestas ecotonais de Maracá são o habitat de diversas espécies de FMA e que fatores edafoclimáticos influenciam a composição da comunidade de FMA neste ecossistema. Dos três tipos florestais estudados em Maracá, apenas na FRP havia espécies indicadoras únicas (*Gigaspora* sp.1 e *Acaulospora scrobiculata*) tanto na época seca quanto na chuvosa, estas espécies poderiam influenciar positivamente a dominância de *P. gracilipes* nesta área.

Palavras-chave: Micorriza, *Peltogyne gracilipes*, taxonomia, Amazônia, Roraima.

## ABSTRACT

The ecotone forests in the northern Brazilian Amazon are areas that represent transition zones between forest and/or non-forest ecosystems. In these areas the soils are poor in nutrients and poorly drained. In these environmental conditions, *Peltogyne gracilipes* Ducke (Leguminosae), an endemic species of the region, works as an indicator of different forest types, and can form natural monodominant forests. This study aimed to evaluate the community of arbuscular mycorrhizal fungi (FMA) in three forest types, and the relationship of these microorganisms with the dominance of *P. gracilipes* in two seasons (dry and rainy) in eastern Maraca Island, Roraima, northern Brazilian Amazon. For this, soil samples were collected in two seasons, one in the rainy season and the other in the dry season. The samples were collected in 9 plots, in rich areas (FRP), poor areas (FPP) and areas without *P. gracilipes* (FSP). The soil samples were sieved and evaluated for: chemical and granulometric analysis, density and morphology of spores and identification of FMA. From the morphology data the richness and diversity of species were calculated. From the soil samples collected the trap culture using *Urochloa brizantha* was also performed, in which the FMA diversity was also evaluated. Root samples in the *P. gracilipes* field were collected and the rate of colonization by FMA was evaluated. In addition, soil samples of up to 1 meter deep were collected in each forest type for soil type determination. Based on the data obtained, environmental conditions (soil factors, forest types and seasonality) and their relationship with FMA communities were evaluated. A multivariate variance permutation analysis was used to test whether the FMA community composition differed between forest types and seasons. In FRP a higher average content of M.O., pH, P, K, Ca, Mg, H+Al, Fe, Zn, Mn and B were observed compared to FSP. The predominant soil classes in Maracá Island were Argissolos and Plintossolos. The richness of spores in 50 g of soil differed ( $P < 0,01$ ) between locations and the time of harvest, ranging from nine to 13 in the dry season and five to nine in the rainy season. 18 and 13 FMA species were identified in the dry and rainy seasons, respectively, for spores extracted from the field. In total, 10 species were detected exclusively in trap plants. The FMA communities were coded by members of the Gigasporaceae, Acaulosporaceae and Glomeraceae family. On the other hand, the percentage of mycorrhizal colonization was distinct between seasons, being higher in the dry season (63.69 %) compared to the rainy season (18.7 %). The PERMANOVA test based on data of presence and absence of species indicated that the FMA community differed among all sites and seasons. The RDA analyses indicated that various soil attributes (pH, Fe, Mg and sand content) influenced the richness of FMA species in both seasons. The study concluded that the Maraca ecotonal forests are the habitat of several FMA species and that edaphoclimatic factors influence the composition of the FMA community in this ecosystem. Of the three forest types studied in Maracá, only in the FRP there were unique indicator species (*Gigaspora* sp.1 and *Acaulospora scrobiculata*) both in the dry and rainy season, these species could positively influence the dominance of *P. gracilipes* in this area.

Keywords: Mycorrhiza, *Peltogyne gracilipes*, taxonomy, Amazon, Roraima.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 -** Localização dos pontos de amostragem na rede de trilhas do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) na Estação Ecológica Maracá, Roraima, Norte da Amazônia brasileira. 24
- Figura 2 -** Composição de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nos três tipos florestais (floresta sem *Peltogyne*, floresta pobre em *Peltogyne* e floresta rica em *Peltogyne*) da Ilha de Maracá. Os elipses representam os agrupamentos dos FMA formados pela dissimilaridade da composição de espécies existente entre as áreas. Cada ponto no gráfico representa uma amostra do solo em cada tipo de floresta nas duas épocas de coleta. 44
- Figura 3 -** Composição de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nas épocas seca e chuvosa na Ilha de Maracá. Os elipses representam os agrupamentos dos FMA formados pela dissimilaridade da composição de espécies existente entre as estações. Cada ponto no gráfico representa uma amostra do solo em duas épocas de coleta. 45
- Figura 4 -** Análise de Redundância (RDA) das comunidades de FMA com parâmetros de solo e tipos florestais na estação seca da Ilha de Maracá, Brasil. 47
- Figura 5 -** Análise de Redundância (RDA) das comunidades de FMA com parâmetros de solo e tipos florestais na estação chuvosa da Ilha de Maracá, Brasil. 47

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 -** Atributos químicas e granulometria das amostras de solo coletadas na profundidade de 0-10 cm em diferentes estações (seca e chuvosa) na presença/ausência de *P. gracilipes* na Ilha, Roraima, Brasil. 31
- Tabela 2 -** Tabela 2 - Valores de textura (areia, silte e argila) classe textural e classificação dos solos, na presença/ausência de *P. gracilipes* na Ilha de Maracá, Roraima, Brasil. 32
- Tabela 3 -** Número total de esporos de FMA (em 50 g de solo), riqueza média de espécies (S) por amostra, índice de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (J) em diferentes estações (seca e chuvosa) e presença/ausência de monodominância de *P. gracilipes* na Ilha de Maracá, Brasil. 35
- Tabela 4 -** Família e espécies de FMA e quantidade de esporos encontrados em diferentes estações (seca e chuvosa) e presença/ausência de monodominância de *P. gracilipes* na Ilha de Maracá, Brasil. 37
- Tabela 5 -** Família e espécies de FMA identificados na cultura armadilha com *Urochloa brizantha*, em diferentes estações (seca e chuvosa) e presença/ausência de monodominância de *P. gracilipes* na Ilha de Maracá, Brasil. 39
- Tabela 6 -** Percentagem de colonização micorrízica em raízes de *P. gracilipes*, em dois períodos de amostragem (seco e chuvoso) na Ilha de Maracá, Brasil. 40
- Tabela 7 -** Valores de coeficiente de correlação ( $r$ ) entre atributos químicos e granulometria do solo com a riqueza e abundância de espécies de FMA em diferentes estações (seca e chuvosa) na Ilha de Maracá, Brasil. 42
- Tabela 8 -** Análise PERMANOVA da composição de espécies de FMA em diferentes estações (seca e chuvosa) e presença/ausência de monodominância de *P. gracilipes* na Ilha de Maracá, Brasil. 44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	10
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	12
2.1	FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES	12
2.2	MONODOMINÂNCIA EM FLORESTAS TROPICAIS ASSOCIADA A MICROORGANISMOS	14
2.3	FATORES AMBIENTAIS E ECOLOGIA DOS FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES	16
2.4	ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE MARACÁ E <i>Peltogyne gracilipes</i>	18
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	21
3.1	OBJETIVO GERAL	21
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	22
4.1	DESENHO AMOSTRAL	22
4.2	AMOSTRAGEM	22
4.2.1	Amostragem de solos	23
4.2.2	Amostragem de raízes	23
4.3	ANÁLISES QUÍMICA, GRANULOMÉTRICA E CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE SOLO	24
4.4	CLAREAMENTO, COLORAÇÃO E AVALIAÇÃO DA COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA DE RAÍZES DE <i>P. gracilipes</i>	25
4.5	EXTRAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DOS ESPOROS DE FMA	26
4.6	EXPERIMENTO EM CULTURA ARMADILHA	26
4.7	AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DA DIVERSIDADE DOS ESPOROS DE FMA	27
4.8	ANÁLISE DOS DADOS	28
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	29
5.1	ANÁLISE QUÍMICA, GRANULOMÉTRICA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	29
5.2	EXTRAÇÃO E CONTAGEM DE ESPOROS DE FMA	33
5.3	IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DE FMA NAS AMOSTRAS DE CAMPO	36
5.4	IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DE FMA EM CULTURA ARMADILHA	37
5.5	COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA DE RAÍZES DE <i>P. gracilipes</i> EM CAMPO	39
5.6	RELAÇÃO ENTRE FMA E MONODOMINANCIA DE <i>P. gracilipes</i>	40
5.7	CORRELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS DO SOLO E DENSIDADE E RIQUEZA DE ESPÉCIES DE FMA	41
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	48
	<b>REFERÊNCIAS</b>	49

## 1 INTRODUÇÃO

Os microrganismos possuem um papel fundamental nos ecossistemas naturalmente sustentáveis. Alguns deles podem ser utilizados como inoculantes, pois apresentam características que promovem o crescimento vegetal. Entre os organismos promotores do crescimento vegetal se encontram os fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Estes fungos são conhecidos por formar uma simbiose mutualista benéfica com a maioria das plantas vasculares (SMITH; READ, 2008). Essa simbiose fungo-planta é a mais antiga conhecida no planeta, presente inclusive nos ecossistemas áridos, degradados e/ou alterados pela atividade humana (GATES et al., 2011). Assim, para um melhor entendimento dos benefícios que podem ser obtidos através do uso destes fungos, é necessário conhecer os fatores que atuam sobre essa simbiose.

Os FMA são componentes importantes da biota do solo, principalmente para as plantas em ecossistemas naturais (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Na simbiose com vegetais, os FMA se desenvolvem em estruturas típicas dentro do córtex radicular e distribuem suas hifas através do solo, aumentando a área de absorção de água e nutrientes, principalmente para nutrientes de baixa mobilidade como, por exemplo, o fósforo (BERBARA et al., 2006). Os nutrientes são transferidos para seu hospedeiro resultando em melhores taxas de crescimento e nutrição das plantas. Além disso, o micélio externo do fungo atua na agregação física do solo através do enovelamento das hifas em partículas de solo (PURIN; KLAUBERG FILHO, 2010). Essas funções tornam os FMA importantes para os solos tropicais de baixa fertilidade, onde a simbiose com FMA afeta a sobrevivência e o crescimento de espécies lenhosas tropicais e, também, influencia na sucessão de plantas e a recuperação de áreas degradadas.

O Estado de Roraima, situado no extremo norte da Amazônia brasileira, é formado em grande parte pelo encontro de florestas contínuas com áreas de savanas (cerrados), caracterizando extensas formações de ecótono (zonas de transição entre florestas - florestas, campinaranas - florestas, savanas - florestas) que abrigam uma rica diversidade de habitats terrestres (NASCIMENTO et al., 2017). Segundo Milliken e Ratter (1989) o setor norte do estado é formado por um grande ecótono entre savanas-florestas, onde o conjunto de florestas é definido por um mosaico de florestas ombrófilas com florestas estacionais (deciduais e semideciduais). O exemplo mais

genérico dessa zona de contato é representado pela Ilha de Maracá, que representa a maior porção da Estação Ecológica (ESEC) de Maracá: uma unidade de conservação federal estabelecida no ecótono entre as florestas contínuas e a grande área de savana do norte de Roraima. Nessa área de florestas ecotonais de Maracá, destaca-se a espécie florestal *Peltogyne gracilipes* Ducke (Leguminosae) que, dependendo de sua abundância e dominância, transforma-se em uma bioindicadora de diferentes tipos florestais: (i) ombrófilos, onde os indivíduos de *P. gracilipes* são raros ou inexistentes, e (ii) estacionais (semidecíduas e decíduas), onde *P. gracilipes* ocorre de forma abundante e, quando em alta dominância, podem formar grandes conglomerados de florestas monodominantes (NASCIMENTO; VILELA, 2010; NASCIMENTO et al., 2017).

Alguns fatores associados à monodominância do *P. gracilipes* têm sido gradativamente estudados ao longo dos anos. Destacando-se os parâmetros estruturais definidos por fatores edáficos (NASCIMENTO et al., 2017), a dinâmica e variação da biomassa (NASCIMENTO et al., 2014), a estrutura filogenética associada à comunidade arbórea que ele habita (NASCIMENTO; PROCTOR, 1997), e a propriedade que possui essa espécie para sobreviver em habitats restritos por condições hidro-edáficas (solos pobres associados a ambientes mal drenados) (NASCIMENTO et al., 1997; NASCIMENTO et al., 2017). No entanto, é desconhecido se outros fatores podem influenciar na ocorrência e monodominância desta espécie, como por exemplo, a existência de uma simbiose com microrganismos do solo como os FMA.

A caracterização da comunidade de FMA que habita o solo, permitiu abranger os conhecimentos das relações existentes entre os microrganismos, fatores abióticos e cobertura vegetal na manutenção e estabelecimento dos ecossistemas ecotonais. A riqueza e diversidade das espécies vegetais em florestas tropicais pode ser influenciada por vários fatores bióticos e abióticos. Neste sentido, a microbiota do solo pode desempenhar um papel fundamental na alteração e conservação da comunidade vegetal, a simbiose com FMA é um dos principais componentes da relação solo-planta-microrganismos.

Dentro deste contexto, no presente trabalho foram analisadas as diferentes influências sobre a estrutura e composição da comunidade de FMA nas áreas do ecótono de Maracá, onde a espécie *P. gracilipes* é uma bioindicadora de diferentes tipos florestais, tomando como variáveis preditoras os fatores edáficos, a sazonalidade

climática (seca / chuva) e os fatores estruturais que influenciam nas comunidades de FMA. Para responder esta questão foram elaboradas as seguintes perguntas específicas: (i) a espécie *P. gracilipes* estabelece simbiose com FMA? (ii) a monodominância de *P. gracilipes* pode estar associada a presença de FMA? (iii) diferentes solos afetam a riqueza de FMA em florestas ecotonais da ilha de Maracá? (iv) a riqueza e diversidade de espécies de FMA são afetadas pela sazonalidade? (v) a diversidade de espécies de FMA é influenciada pelas diferentes coberturas vegetais nas florestas ecotonais da ilha de Maracá?

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

No presente referencial teórico foram abordados temas alusivos à monodominância de espécies em florestas tropicais associadas a microrganismos, seguido da importância dos FMA nos ecossistemas e seus principais fatores condicionantes, e, finalmente, foi tratada a temática da Estação Ecológica de Maracá e a espécie monodominante da área *P. gracilipes*.

### 2.1 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Os FMA são microrganismos que pertencem ao filo *Glomeromycota* (SCHÜßLER; WALKER, 2010), resultando em três classes (*Glomeromycetes*, *Paraglomeromycetes* e *Archaeosporomycetes*) atualmente distribuídos em cinco ordens (*Archaeosporales*, *Diversisporales*, *Gigasporales*, *Glomerales* e *Paraglomerales*), que pertencem a 15 famílias e 38 gêneros com aproximadamente 270 espécies descritas (REDECKER et al., 2013).

A classificação taxonômica e sistemática deste grupo de microrganismos têm sido tema de intensas discussões ao longo dos últimos 20 anos (OEHL et al., 2011). A taxonomia tradicional deste grupo de microrganismos tem sido baseada, principalmente, na morfologia e ontogenia dos esporos, avaliando características subcelulares que permitem a classificação de gêneros e espécies como por exemplo, o número e aparência das camadas da parede celular, cor e tamanho dos esporos (RAAB; BRENNWALD; REDECKER, 2005). Enquanto que as estruturas do fungo dentro da raiz, os arbúsculos e vesículas, são consideradas irrelevantes para identificação taxonômica (SCHÜßLER; WALKER, 2010).

Embora, os arbúsculos e vesículas não sejam importantes para a taxonomia, estas estruturas são essenciais para o desenvolvimento da simbiose micorrízica e cada uma delas possui uma função particular. Segundo Lee et al. (2013), os arbúsculos são estruturas do fungo formada por hifas muito ramificadas dentro das células corticais do hospedeiro, e sua função é incrementar a superfície de contato entre o fungo e a planta, produzindo o intercâmbio de nutrientes desde o fungo para a planta e vice-versa. Enquanto que, as vesículas são estruturas globosas cheias de lipídios que são formadas na raiz do hospedeiro em espaços inter ou intracelulares, e sua função principal é de reserva de energias do fungo para situações de estresse e para quando diminui o abastecimento de metabólitos desde a planta até o fungo (HE; LI; LIU, 2017).

Atualmente, a taxonomia dos FMA evoluiu para uma classificação baseada em caracteres moleculares, combinados com os estudos morfológicos clássicos, permitindo ter novos táxons em diferentes níveis de hierarquia. Além disso, permite uma otimização nas revisões taxonômicas, sendo agora em curtos períodos de tempo (BLASZKOWSKI; CHWAT; GOTO, 2014). Desde a década dos anos 90, os estudos moleculares têm contribuído para um considerável avanço nos conhecimentos na taxonomia e filogenia desses grupos de fungos. Sua utilização tem permitido maior esclarecimento sobre as afinidades genéticas, permitindo a construção de árvores filogenéticas.

Os FMA são componentes importantes da comunidade microbiana do solo. São biotróficos obrigatórios, de reprodução assexual, que dependem de organismos simbióticos compatíveis para crescer e se reproduzir (WAGG et al., 2014). A planta através da fotossíntese, proporciona energia e carbono indispensáveis para a sobrevivência e reprodução dos fungos, em troca disso, os FMA formam micélio dentro e fora das raízes, permitindo a ampliação do volume de solo explorado pelas mesmas, ocasionando, um aumento na absorção de nutrientes como fósforo e nitrogênio, além de alguns micronutrientes como cobre e magnésio (SMITH; READ, 2008). Estabelecendo, assim, uma simbiose mutualista benéfica, podendo ser a simbiose mais ecologicamente do planeta (VAN DER HEYDE et al., 2017).

Os FMA são considerados indispensáveis na manutenção de vários serviços ecossistêmicos, envolvendo a ciclagem de nutrientes e, principalmente, na agregação do solo, através da produção massiva de hifas e da secreção de um composto denominado glomalina (VILELA et al., 2014). Esta glicoproteína fornece um aumento

na cimentação das partículas, melhorando a formação de macroagregados do solo (HOLTZ et al., 2016).

Estes simbiossistemas existem na maioria dos ecossistemas e são influenciados por fatores bióticos e abióticos que interferem na sobrevivência e na germinação dos propágulos afetando o processo de colonização radicular nas plantas (MIRANDA; HANAZAKI, 2008). As práticas agrícolas tais como mecanização do solo, manejo das culturas e práticas culturais geram modificações nos componentes físicos, químicos e biológicos do solo, promovendo alteração da comunidade dos FMA e o efeito destes nas plantas (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2017). Em florestas tropicais as comunidades de FMA podem influenciar o estabelecimento das plantas (KIERS et al., 2000) afetando, conseqüentemente, a composição da comunidade vegetal (PONTES et al., 2017). Considerando que os FMA não possuem hospedeiros específicos, estes microrganismos podem-se associar a um grande número de plantas, comumente colonizando todos os vegetais micotróficos, independentemente de seu tamanho ou estágio de desenvolvimento (VAN DER HEIJDEN; HORTON, 2009).

O conhecimento sobre o papel que desempenham e a importância da diversidade dos FMA para o funcionamento dos diferentes ecossistemas, tem levado a um grande esforço para identificar as espécies que colonizam as plantas nos sistemas naturais (PEREIRA et al., 2014). Além disso, dados sobre diversidade, abundância, distribuição temporal e espacial de espécies de FMA, são relevantes para o entendimento da interação entre esses fungos e a vegetação associada (STÜRMER; BELLEI, 1994).

## 2.2 MONODOMINÂNCIA EM FLORESTAS TROPICAIS ASSOCIADA A MICRORGANISMOS

A floresta tropical é o bioma com maior diversidade de seres vivos da Terra. Segundo Whitmore (2005), é uma floresta que ocorre em regiões situadas na faixa entre os trópicos de Câncer e Capricórnio. Possuem um clima quente com chuvas frequentes e abundantes e, em virtude da região em que estão localizadas, recebem grande quantidade de luz solar. A maior incidência deste tipo de florestas ocorre nas seguintes regiões: África (bacia do rio Congo e Libéria), América Central, América do Sul (Mata Atlântica e Floresta Amazônica), Ásia (Laos, Vietnã, Tailândia e Camboja) e no continente Oceânico (costa norte da Austrália, Nova Guiné e Bornéu).

A Florestas Amazônica é considerada a mais diversa do mundo. Ter Steege et al. (2013) estimam que os 6 milhões de quilômetros quadrados da Floresta Amazônica chegam a ter 390 bilhões de árvores, considerando indivíduos de espécies variadas. Há aproximadamente 16 mil espécies diferentes, a Amazônia possui muitos ecossistemas com cobertura vegetal diferenciada, devido a heterogeneidade ambiental muito alta que ocorre na região (BEARD, 1955). Encontrando-se florestas com baixa diversidade e elevada dominância de uma única espécie arbórea, as quais, quando um indivíduo é superior a 50% do total de indivíduos, são classificadas como florestas monodominantes (HART; HART; MURPHY, 1989). Conhecer os mecanismos que interferem na monodominância de uma espécie nas florestas tropicais é fundamental para entender como usam os recursos disponíveis para se estabelecer e reproduzir (RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA et al., 2017).

A microbiota realiza uma série de funções que são indispensáveis para manter a produtividade, diversidade e a estrutura das comunidades vegetais no planeta, já que atua como fornecedor de nutrientes que são absorvidos pelas plantas (VAN DER HEIJDEN; BARDGETT; VAN STRAALLEN, 2008). A maioria dos estudos ecológicos nas florestas avaliam as comunidades acima do solo (GHAZOUL; SHEIL, 2010), enquanto, os táxons microscópicos que habitam abaixo do solo, tais como fungos e bactérias, são estudados com menor atenção (AIME; BREARLEY, 2012). Entre os organismos que habitam o solo, sobressaem os fungos micorrízicos arbusculares, os quais podem ter um grande impacto sobre a estabilidade dos ecossistemas, principalmente, onde as condições edáficas não são idôneas para o crescimento das plantas, por exemplo, solos pobres em nutrientes e mal drenados (MARTÍNEZ; PUGNAIRE, 2009).

Investigações em florestas monodominantes, indicam que não existe um único mecanismo ecológico responsável pela monodominância (TORTI; COLEY; KURSAR, 2001; DE OLIVEIRA FREITAS et al., 2013), mas sim, um conjunto de atributos importantes, dentre os quais, os microrganismos devem ser considerados (HOLSTE; KOBE, 2017). Neste sentido, Fürnkranz et al. (2008), estudando bactérias fixadoras de nitrogênio (*Rhizobium*) associadas a plantas superiores dominantes em uma floresta tropical da Costa Rica, constataram que, além da simbiose estabelecida com esse tipo de plantas e do fornecimento de nitrogênio, as bactérias são importantes para apoiar o crescimento, saúde e resistência a estresse das plantas, resultando ser indispensável na manutenção da floresta tropical.

Estudo desenvolvido por McGuire et al. (2008) sobre a importância ecológica da colonização ectomicorrízica em uma floresta tropical da Guiana dominada por *Dicymbe corymbosa* Spruce ex Benth. e *Dicymbe altsonii* Sandwith (Caesalpiniaceae), verificaram que a dominância destas espécies, estão ligadas à uma alta dependência da colonização ectomicorrízica. Esse resultado é coincidente com o exposto por Connell e Lowman (1989), os quais relacionam a monodominância de uma espécie vegetal com a simbiose ectomicorrízica.

No caso da floresta de *P. gracilipes* situada em Maracá e que é objeto do presente estudo, Nascimento (1994) constatou, que não existe uma associação simbiótica entre árvores de *P. gracilipes* e fungos ectomicorrizicos, mas encontrou simbiose com FMA. Portanto, o conhecimento da dinâmica das comunidades de FMA, pode ser útil para a identificação dos mecanismos que atuam fortemente sobre a estruturação da floresta monodominante de *P. gracilipes*, além disso, pode ser uma via para o esclarecimento dessa monodominância que tem sido um enigma para vários autores há mais de 20 anos.

### 2.3 FATORES AMBIENTAIS E ECOLOGÍA DOS FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Os FMA são componentes essenciais dos diversos ecossistemas terrestres, devido ao papel que desempenham para a manutenção sustentável destes (SILVA; SIQUEIRA; STÜRMER, 2009). Porém, este grupo de fungos sofrem influência de vários fatores ambientais como por exemplo: cobertura vegetal, sazonalidade e características edáficas, que modificam a diversidade e a estrutura das comunidades, podendo afetar suas funções ecológicas (BRUNDRETT, 1991).

Considerando que aproximadamente 80% das plantas vasculares do mundo estabelecem simbiose micorrízica (SMITH; READ, 2008), aparentemente, não existe especificidade taxonômica. Qualquer planta hospedeira pode fazer simbiose com qualquer espécie de FMA descrita atualmente. No entanto, evidências recentes obtidas com técnicas moleculares indicam que as plantas são colonizadas preferencialmente por certas espécies de FMA, de acordo com os efeitos diferenciais sobre o crescimento vegetal (PONTES et al., 2017). Embora esta especificidade não seja absoluta, pode influir de maneira importante, tanto na produtividade das

comunidades vegetais, como também, na diversidade, competitividade e funcionamento geral dos ecossistemas naturais (SINGH et al., 2008).

As comunidades de FMA em regiões tropicais não perturbadas podem ser complexas e ricas em espécies (ALEXANDER; SELOSE, 2009). Na Floresta Amazônica são pouco descritas e, portanto, o padrão geral de ocorrência e diversidade destes fungos permanecem desconhecidos (STÜRMER; SIQUEIRA, 2011). A maior parte das informações disponíveis sobre estudos de comunidades de FMA na região amazônica, raramente associa a variabilidade da composição das espécies com a cobertura vegetal (PEÑA-VENEGAS et al., 2007), sendo assim, de extrema necessidade esse tipo de estudo para compreender a complexidade das comunidades fúngicas micorrízicas e sua relação com a diversidade da floresta tropical.

Fatores como temperatura e umidade, além da fenologia do hospedeiro, podem influenciar na esporulação de FMA no solo, é por isto que a quantificação de esporos é um dos parâmetros utilizados para avaliar presença de FMA no solo. Vários estudos têm comprovado variação sazonal para produção de esporos, com padrão que varia de acordo com as espécies de FMA (MORTON et al., 2004). Na região tropical, em áreas degradadas e em recuperação do Estado do Piauí, Carneiro et al. (2016) verificaram uma variação sazonal alta, com maior número de esporos viáveis no período seco em relação ao chuvoso. Assim também, em áreas estépicas áridas e semiáridas na Argélia, Bencherif et al. (2016) mostraram um menor número de esporos no verão e maior número no inverno. Os esporos viáveis são geralmente efêmeros e a viabilidade é definida pela dormência, suscetibilidade a patógenos e outros fatores (BEVER et al., 2001).

Outro fator que pode afetar a micorrização são as características edáficas. Neste caso, fatores como a acidez, concentrações de matéria orgânica, fósforo, potássio, nitrogênio, alumínio, cobre, zinco e magnésio sobre o solo, interferem no estabelecimento e desempenho da simbiose (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2017), o que é refletido na capacidade de colonização do hospedeiro e a produção de esporos do fungo (PEÑA-VENEGAS et al., 2007).

De acordo com Bencherif et al. (2016), a tolerância dos FMA à acidez e altos níveis de alguns macro e microelementos, ainda é uma controvérsia. Porém, em solos ácidos de tipo Argissolos, esses fatores não parecem afetar o desempenho da micorriza arbuscular nativa, inclusive o fungo é capaz de acumular alumínio em seu

micélio e vesículas. No entanto, para os outros tipos de solo da Amazônia, as informações sobre o comportamento dos FMA em relação a fatores físicos e químicos ainda não estão esclarecidas (PONTES et al., 2017).

A associação entre comunidades acima e abaixo da superfície do solo, são essencialmente importantes para a restauração ecológica (KARDOL; WARDLE, 2010). Durante a simbiose, as hifas dos FMA permanecem em contato direto com o solo, sendo assim, características do solo têm forte impacto na germinação dos esporos e outros propágulos dos fungos (LEAL; SIQUEIRA; STÜRMER, 2013). Desse modo, um estudo detalhado das características físicas e químicas do solo, são importantes para ajudar a explicar a formação e a função da micorriza (MORTON et al., 2004).

Em Maracá, os solos mais abundantes são os Podzólicos distróficos com baixa saturação de bases e textura muito variável de arenosa a argilosa, sendo considerados entre os mais distróficos da região amazônica (CARVALHO, 2014). Neste sentido, o estudo dos FMA, pode ajudar a entender a sucessão vegetal e contribuir para o sucesso da recuperação de florestas tropicais (RAMOS et al., 2011), uma vez que o impacto desses fungos é muito significativo para o funcionamento dos ecossistemas.

#### 2.4 ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE MARACÁ E *Peltogyne gracilipes*

A Estação Ecológica (ESEC) de Maracá está geograficamente assentada entre os municípios de Amajari e Alto Alegre, Estado de Roraima, possuindo uma área de 101.312 há. A ESEC é constituída pela ilha de Maracá e mais de 200 ilhotas formando um arquipélago fluvial situado no rio Uraricoera, entre os furos de Santa Rosa e Maracá. O Governo Federal do Brasil por meio do Decreto Nº 86.061 de 02 de junho de 1981 criou esta estação com fins de preservação da natureza e de investigação. A ilha de Maracá está situada em uma fronteira biogeográfica na junção entre a Floresta Amazônica a oeste e as grandes áreas de savanas a leste, o relevo é de baixa altitude e com áreas sazonalmente influenciadas pelas chuvas (VILLELA; PROCTOR, 1999).

As atividades antrópicas ao longo do tempo são poucas ou nulas em grande parte da Ilha de Maracá (HEMMING, 1994). Somente foi reportada ocupação humana numa pequena porção da parte leste da ilha no século XIX, região onde não ocorre

aglomerações monodominantes de *P. gracilipes* e onde os indígenas ocuparam essa parte do território, mas depois foram expulsos por fazendeiros (THOMPSON et al., 1992). Ao entorno da ilha existem vários assentamentos rurais, principalmente territórios ocupados por pequenas comunidades indígenas, além das fazendas dedicadas à piscicultura e os cultivos agropastorils. Estas inferências antrópicas que acontecem ao redor da ilha têm aumentado os distúrbios como fogo e desmatamento com maior frequência e intensidade, o que altera significativamente a vegetação e a dinâmica da paisagem desta área (CARVALHO, 2014).

Segundo Eden et al. (1998), o solo da Ilha de Maracá possui algumas evidências que sugerem que sua formação está associada a duas falhas tectônicas que desviaram o fluxo normal do rio Uraricoera entre os furos Santa Rosa e Maracá. Além disso, o relevo é muito variável encontrando-se terrenos elevados com altitudes que variam de 250 a 330 m, até áreas sujeitas a inundações. Neste contexto, Robison e Nortcliff (1991) mencionam que os solos de Maracá foram definidos pela variação de três fatores que são o material de origem, o relevo e o regime hídrico, apresentando características muito variáveis podendo ser extremamente distróficos ou eutróficos, com texturas que variam de muito arenosas a argilosas.

O clima de Maracá segundo a classificação de Köppen, situa-se na transição dos climas subtipo savana ou clima tropical com estação seca de inverno (Aw) para o subtipo de monções (Am), considerado de clima tropical úmido (A) (BARBOSA, 1997). A sazonalidade climática presente em Maracá, é provocada pela variação dos principais agentes atmosféricos que promovem as chuvas na região amazônica, como a massa de ar equatorial e a convergência intertropical (NIMER, 1972). A temperatura e precipitação média anual são de 26°C e 2.163 mm, respectivamente, valores que foram obtidos da estação agrometeorológica da ESEC Maracá entre os anos 1986 e 2010 (CARVALHO et al., 2018).

As florestas de terra-firme ocupam aproximadamente 84% da superfície da ilha de Maracá (FURLEY; RATTER, 1990), deste valor percentual, cerca de 60% são consideradas florestas sempre verdes e 40% concernem as florestas decíduas e semidecíduas (FRAGOSO; SILVIUS; CORREA, 2003). A área também possui algumas manchas de vegetação de savana que ocupam aproximadamente 5% da ilha (NASCIMENTO, 1997). São consideradas florestas decíduas, quando na estação seca mais de 2/3 das árvores perdem suas folhas, e semidecíduas quando as árvores perdem entre 1/3 e 2/3 de suas folhas. As florestas de Maracá tem sido objeto de

muitos estudos ao longo do tempo, um dos mais detalhados foi feito por Milliken e Ratter (1989) os quais estabelecem seis categorias de florestas que são: 1) floresta de terra-firme da parte leste, 2) floresta de terra firme da parte oeste, 3) floresta de *Peltogyne gracilipes* (pau-roxo ou roxinho), 4) florestas baixas, 5) buritizais e 6) florestas de galeria.

A espécie *P. gracilipes* é uma árvore endêmica do Estado de Roraima. O gênero *Peltogyne* pertence à família Leguminosae, possui 24 espécies aceitas, das quais 16 são consideradas endêmicas do Brasil, 6 subespécies e 4 variedades (LIMA; CORDULA, 2015). Na Ilha de Maracá, a floresta de *P. gracilipes* é classificada como floresta estacional semidecidual ou decidual e é caracterizada por uma alta densidade de indivíduos desta espécie associadas com poucas espécies de outras plantas. As árvores de *P. gracilipes* podem chegar a formar um dossel de 40 m de altura e geralmente mostra uma diversidade muito baixa (CARVALHO, 2014). A formação florestal de *P. gracilipes* apresentou um valor de 62,15% de dominância relativa, sendo considerado um dos maiores valores reportados para florestas de terra firme na Amazônia (NASCIMENTO; VILELLA, 2010).

A monodominância de *P. gracilipes* na ilha de Maracá tem sido relacionada com muitos fatores, entre os quais estão, a capacidade de ser menos susceptível ao ataque de herbívoros ou patógenos (NASCIMENTO; PROCTOR, 2001), baixa taxa de predação de sementes (NASCIMENTO; PROCTOR, 1996), possui uma alta taxa de regeneração e tolerância a sombra, visto que cresce sob dossel fechado (NASCIMENTO et al., 2007). Além disso, há tolerância a altas concentrações de magnésio presente no solo (NASCIMENTO, 1997). No entanto, Nascimento e Vilella (2010) mencionam que outro provável fator relacionado com a monodominância seria atribuído à alelopatia; a capacidade de inibir o crescimento de outras espécies.

### 3 OBJETIVOS

O presente trabalho apresenta os seguintes objetivos.

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito dos tipos florestais e da sazonalidade na ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a dinâmica dos FMA (colonização micorrízica e densidade de esporos) em diferentes tipos florestais com presença e ausência de *Peltogyne gracilipes* nos períodos seco e chuvoso.
- Determinar a diversidade morfológica das comunidades de FMA.
- Avaliar a relação de ocorrência dos FMA com as características químicas e granulométricas dos solos estudados na Estação Ecológica Ilha de Maracá.
- Determinar a influência dos tipos florestais e da sazonalidade sobre as comunidades de FMA em plantas de *P. gracilipes*.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos desta proposta, foram realizadas coletas de solo e raízes na Ilha de Maracá na época seca e chuvosa. Em seguida, a comunidade de FMA foi caracterizada morfológicamente, além disso, foram avaliados os fatores ambientais e edáficos que afetam as comunidades.

### 4.1 DESENHO AMOSTRAL

O presente estudo foi realizado na grade de parcelas permanentes do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), localizadas na parte leste da ESEC Maracá (3°15'54"N, 61°22'50"W). A grade de pesquisa do PPBio é um sítio de amostragem que utiliza o padrão de Rede de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (RAPELD), possui uma área física de 5 Km x 5 Km (25 Km<sup>2</sup>), com 12 trilhas de caminhada de 5 Km cada uma e estão organizadas em sentido Norte-Sul e Leste-Oeste. Ao longo das trilhas, foram implantadas 30 parcelas permanentes de 1 ha (250 m x 40 m) distribuídas regularmente em uma área de 25 Km<sup>2</sup> (PEZZINI et al., 2012).

Deste total, foram nove parcelas tomando como base a subdivisão dos principais tipos florestais (três parcelas para cada tipo) que ocorrem em Maracá, proposta por Nascimento et al. (1997): (i) Floresta Rica em *Peltogyne* (FRP) onde a ocorrência de *P. gracilipes* é sempre superior a 50% do total das espécies da área considerada, (ii) Floresta Pobre em *Peltogyne* (FPP) onde *P. gracilipes* ocorre com dominância inferior ao 50%, e (iii) Floresta Sem *Peltogyne* (FSP) onde essa espécie não ocorre.

### 4.2 AMOSTRAGEM

Em cada uma das nove parcelas nos três tipos florestais (FSP, FPP e FRP) foram coletadas 5 amostras de solo, 45 na época seca e 45 na época chuvosa, totalizando 90 amostras. As coletas foram realizadas na época seca e chuvosa do ano 2017.

#### 4.2.1 Amostragem de solos

Para avaliar a relação de ocorrência dos FMA com as características físicas e químicas dos solos, em cada uma das 9 parcelas, foram coletadas 5 amostras de solo (1 Kg cada uma) a 25, 75, 125, 175 e 225 metros do ponto inicial da parcela, (45 amostras na época seca e 45 na chuvosa) (Figura 1). O solo foi recolhido com o auxílio de um trado holandês na profundidade de 0-10 cm, o trado foi limpo com etanol 70 % entre as coletas para evitar contaminações. As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em caixas térmicas contendo gelo e levadas ao Laboratório de Microbiologia do Solo da EMBRAPA-Roraima. As amostras foram armazenadas em geladeira entre 4 e 10 °C para avaliação da estrutura da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares por métodos morfológicos e para as análises química e física (textura).

As coletas para a classificação do solo, foram realizadas aos 125 metros do ponto inicial de cada uma das 9 parcelas. Foram coletadas amostras simples em nove intervalos ao longo do perfil do solo (0 - 20 cm, 20 - 30 cm, 30 - 40 cm, 40 - 50 cm, 50 - 60 cm, 60 - 70 cm, 70 - 80 cm, 80 - 90 cm e 90 - 100 cm). O solo foi coletado com auxílio de um trado holandês, sendo limpo com etanol 70 % antes de cada intervalo para evitar contaminação. As amostras foram retiradas de maneira uniforme em volume e profundidade desejada para que não ocorra uma sub ou superestimação dos atributos do solo. Finalmente, as nove amostras simples de cada parcela foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Microbiologia do Solo da EMBRAPA-Roraima para análise de textura.

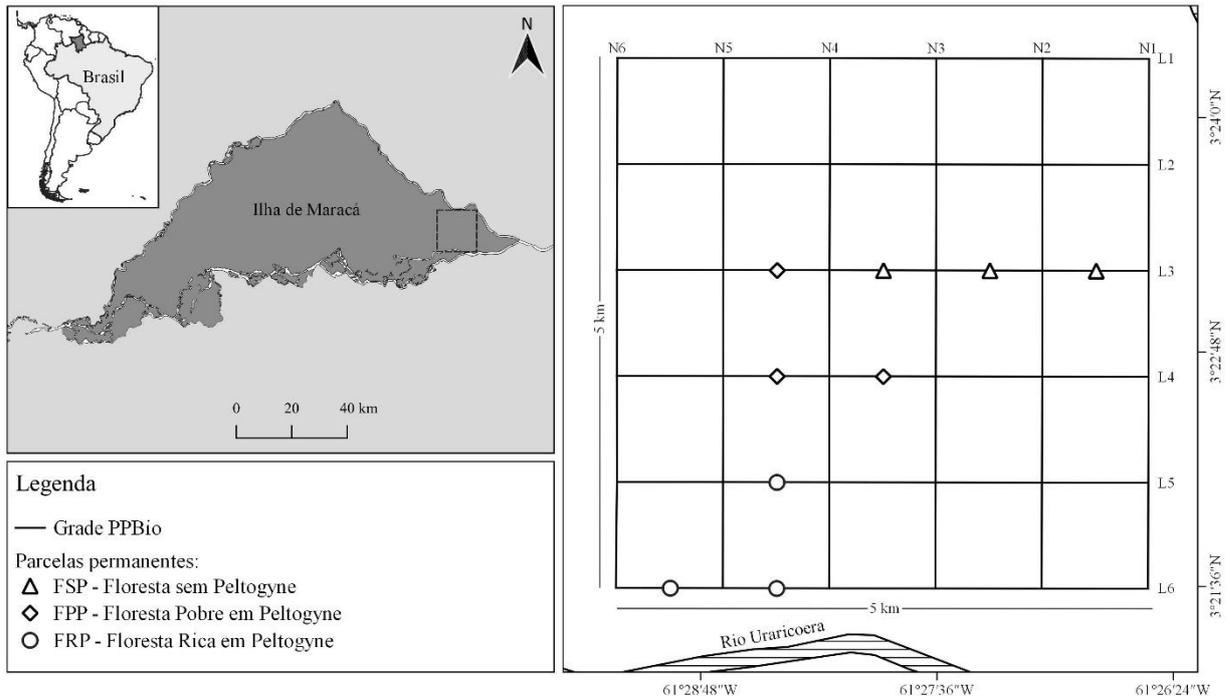


Figura 1 - Localização dos pontos de amostragem na rede de trilhas do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) na Estação Ecológica Maracá, Roraima, Norte da Amazônia brasileira.

#### 4.2.2 Amostragem de raízes

Nas 3 parcelas de FRP (Figura 1), visando a avaliação da colonização micorrízica foram coletados 300 g de raízes de 5 indivíduos adultos de *P. gracilipes* em cada uma das parcelas, o mais próximo possível de onde foram coletadas as amostras do solo, totalizando 30 amostras de raízes (15 na época seca e 15 na chuvosa), as amostras de raízes foram lavadas com água corrente para eliminação do solo e armazenadas em frascos contendo álcool a 50% até o momento da análise da taxa de colonização micorrízica.

#### 4.3 ANALISES QUÍMICA, GRANULOMÉTRICA E CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE SOLO

Cerca de 300 cm<sup>3</sup> de cada amostra de solo foi enviada ao laboratório de solo da Embrapa Roraima. Os parâmetros granulométricos e químicos analisados foram os seguintes: textura pelo método da pipeta, antes de serem analisadas as amostras de solo foram secadas ao ar, destorroadas, passadas em peneira com diâmetro de 2

mm e homogêneas para determinar a distribuição granulométrica (TEIXEIRA et al., 2017). No laboratório foram determinados os seguintes atributos químicos: pH, matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, H+Al, Al, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B. O pH do solo foi medido com água destilada (1:1), F, K, Cu, Fe, Zn e Mn foram extraídos numa solução Mehlich-1. Os valores de Ca, Mg, H+Al, e Al foram extraídos em solução  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{CaH}_2\text{O}$ . O Enxofre foi extraído mediante uma solução  $\text{SO}_4$ . O Boro foi extraído em água quente. A matéria orgânica foi avaliada pela oxidação de amostras de solo com uma solução sulfocrômica e determinada usando o Método Black (TEIXEIRA et al., 2017).

A classificação dos solos foi realizado pelo método de análise da textura do solo descrito acima. Os solos foram classificados até o nível 2 com o apoio do pesquisador da EMBRAPA, Dr. Itamar Antônio Bognola, conforme a metodologia proposta pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (DOS SANTOS et al., 2018). Não foram feitas as análises químicas em profundidade para que se pudesse completar a classificação no 3º nível.

#### 4.4 CLAREAMENTO, COLORAÇÃO E AVALIAÇÃO DA COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA DE RAÍZES DE *P. gracilipes*

O processo de clareamento e coloração das raízes armazenadas de *P. gracilipes* foi realizado de acordo com a metodologia proposta por Koske e Gemma (1989). Consistiu em cortar as raízes em pedaços de até 1 cm e colocar em frascos de vidro com tampa hermética contendo uma solução de KOH 10%, permanecendo em repouso durante uma noite. No entanto, como as raízes eram muito escuras, foi necessário um tratamento adicional colocando-as em uma solução de peróxido de hidrogênio (3 %) durante 20 minutos. Em seguida, estas foram mergulhas em uma solução de HCl 1% e depois coradas com uma solução de azul de tripano a 0,05 % em lacto-glicerol (1:1:1 ácido láctico glacial, glicerol e água). Por fim, as raízes foram lavadas com água destilada e armazenadas em frascos de vidro contendo glicerol a 50 % para à avaliação da taxa de colonização micorrízica.

A avaliação da taxa de colonização micorrízica presente nas raízes de *P. gracilipes* foi realizada seguindo o método proposto por Giovannetti e Mosse (1980). A estimativa deste parâmetro consistiu em analisar a presença de estruturas fúngicas na região do córtex das raízes (hifas, arbúsculos e vesículas ocorrendo inter e

intracelularmente). Os segmentos das raízes previamente corados e cortados em pedaços de 1 cm, foram espalhados em placas de Petri contendo no fundo linhas quadriculadas de 1 cm. A observação da presença e ausência de colonização foi inspecionada com auxílio de um microscópio de dissecação (Quimis Q7714Z), utilizando as linhas verticais e horizontais da placa, justamente no ponto onde as raízes cruzam as linhas, foram feitas um mínimo de 100 pontos e posteriormente foi estimada a porcentagem de colonização (%).

#### 4.5 EXTRAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DOS ESPOROS DE FMA

A extração dos esporos dos FMA, das amostras de campo e da cultura armadilha, foi realizada pelo método de peneiramento úmido seguido de centrifugação em gradiente de sacarose, proposto por Gerdemann e Nicolson (1963). Consistiu em diluir 50 g de solo em 1,5 L de água, esta solução foi então batida no liquidificador durante 15 segundos, esperou-se o material decantar e em seguida foi realizado o peneiramento em malhas de 400, 200, 100, 50 e 25  $\mu\text{m}$ . Este procedimento de peneiramento foi repetido 3 vezes para cada amostra de solo. O material retido nas peneiras foi recolhido e transferido para tubos falcon contendo uma solução de sacarose (60%). Esta solução foi então centrifuga (3000 rpm por 3 minutos) e o sobrenadante foi transferido para uma peneira de malha de 25  $\mu\text{m}$  e lavado com água destilada estéril para retirar o excedente de sacarose. O conteúdo da peneira foi recolhido em recipientes de vidro e vertido em placas de Petri com quadriculados de 1,25 cm entre linhas para facilitar a contagem. Posteriormente, foi realizado a contagem de esporos com a ajuda de um microscópio de dissecação (Quimis Q7714Z).

#### 4.6 EXPERIMENTO EM CULTURA ARMADILHA

Para recuperar o máximo de populações de FMA, especialmente aquelas sem esporulação no momento da coleta em campo, realizou-se um experimento com cultura armadilha. Das amostras de solos homogeneizadas, retiraram-se 200 g de cada uma das 45 amostras por cada época de coleta (90 amostras no total) para a multiplicação dos esporos dos FMA em cultura armadilha (VESTBERG, 1995). Foi utilizado um substrato constituído de areia lavada e Latossolo vermelho escuro (LE)

(1:2, v/v). O substrato foi esterilizado em autoclave a 120°C e 1 atm. de pressão durante 20 minutos, este processo foi repetido três vezes. O substrato foi então misturado com as amostras de solo 1:1, e então a mistura foi colocada em vasos com capacidade de 1,5 kg, com três repetições por amostra. Sementes (50-70) de *Urochloa brizantha* foram semeadas e mantidas durante quatro meses em casa de vegetação. Após, cerca de 50 g de solo foi retirado para extração de esporos de FMA.

#### 4.7 AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DA DIVERSIDADE DOS ESPOROS DE FMA

Paralelamente à contagem dos esporos, estes foram agrupados em morfotipos de acordo com suas características morfológicas observadas como tamanho, cor e ornamentação da parede do esporo. Esporos de cada morfotipo foram montados permanentemente em laminas de polivinil-lacto-glicerol (PVLG) e PVLG misturado com reagente de Melzer (1:1, v/v) e examinado sob um microscópio composto e acoplado com câmera (Leica DM 2500). Os esporos foram identificados até nível de gênero e espécie baseado na análise da estrutura da parede do esporo, a reação de Melzer e outras informações taxonômicas como características e comparações com as originalmente descritas (BLASZKOWSKI, 2012), e referências online de espécies descritas no site do INVAM no West Virginia University, USA (INVAM, 2020). Esporos com características de gigasporóides diferenciando duas ou mais paredes germinativas e esporos glomóides que poderiam não ser atribuído às espécies foram colocados nos gêneros *Scutellospora* e *Glomus* respectivamente, seguindo a nomenclatura e classificação de espécies proposta por Redecker et al. (2013).

#### 4.8 ANÁLISE DOS DADOS

Para os atributos químicos e granulométricos foi usado uma correlação de Pearson, para testar se havia correlações entre a abundância de esporos e riqueza de espécies de FMA com os atributos físicos e químicos do solo e entre abundância de esporos e riqueza de espécies, um nível de significância de 0,05 foi utilizado para todos os testes realizados.

Os dados da abundância total de esporos foram transformados antes da análise em  $\log(x + 1)$  para atender aos requisitos de normalidade e homogeneidade de

variância. Diferenças na abundância total de esporos e riqueza de espécies entre locais foram testados usando uma análise unidirecional de variância (ANOVA) e comparação de medias por Tukey ( $P < 0,05$ ).

Os valores da taxa de colonização micorrízica nas raízes de *P. gracilipes* nas épocas seca e chuvosa foram transformados em  $\arcsin \sqrt{x + 1}$  antes da análise. As diferenças entre amostras relacionadas para a taxa de colonização micorrízica foi comparado mediante um teste *t-Student*.

Uma análise permutação de variância multivariada (PERMANOVA) foi usada para testar se a composição da comunidade de FMA diferiu entre os tipos de floresta e as estações do ano, usando a distância de Jaccard e 999 permutações. Uma análise de ordenação (NMDS) foi empregada para representar os resultados da análise PERMANOVA, utilizando uma matriz de Jaccard para a ordenação. As análises foram realizadas usando o programa R (R CORE TEAM, 2015).

Duas matrizes foram obtidas para correlacionar padrões de comunidades de FMA com as propriedades físicas e químicas do solo. A primeira matriz foi obtida com dados de abundancia para espécies de FMA em cada área e estes dados submetidos à transformação de Hellinger antes da análise. Espécies raras (<10% da frequência total) foram removidas da análise à medida que diminuem o poder de ordenação dos dados (HILL; GAUCH, 1980). Uma segunda matriz de propriedades do solo foi obtida e as variáveis colineares foram removidas com base em um fator de inflação da variância (VIF)  $\geq 10$ . Ambas matrizes foram submetidas à análise discriminante de redundância (RDA) seguido por uma seleção de step forward (BLANCHET; LEGENDRE; BORCARD, 2008) e analisadas para determinar a proporção de variância da comunidade FMA explicado pelas propriedades do solo. Todas as análises multivariadas foram realizadas usando os pacotes “packfor” (DRAY et al., 2016) e “vegan” (OKSANEN et al., 2015) na plataforma de software R (R CORE TEAM, 2015).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE QUÍMICA, GRANULOMÉTRICA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

Em relação as propriedades químicas (Tabela 1, Apêndice B), foi possível verificar que os solos onde há presença de *P. gracilipes* possuem maior teor médio de M.O., pH, P, K, Ca, Mg, H+Al, Fe, Zn, Mn e B, comparado onde não há a presença desta leguminosa. Em relação a época de amostragem, foi verificado que há alterações nas propriedades químicas de acordo com a estação. Matéria orgânica (M.O.), B, Ca, Mg e Mn foram significativamente maiores ( $P < 0,05$ ) em FRP em comparação com outros locais na época seca. Os valores de MO e K foram significativamente maiores na estação seca em comparação com a estação chuvosa. Em relação a granulometria (textura), a concentração de areia não foi significativamente diferente entre o FPP e o FRP, mas os valores foram maiores que o FPP. Os valores de silte foram semelhantes ( $P < 0,05$ ) entre FPP e FRP sendo estes maiores em relação a FSP (Tabela 1, Apêndice A). Por outro lado, a classificação dos solos variou de acordo com os sistemas florestais (Tabela 2). Na FSP as classes de solos encontradas foram Plintossolo Argilúvico típico, Argissolo Acinzentado abruptico e Plintossolo Háplico típico. Nas parcelas da FPP os solos se classificaram como Plintossolo Háplico típico, Neossolo Quartzarênico Hidromórfico plintossólico e Plintossolo Argilúvico abruptico, enquanto que, na FRP as classes de solo se classificaram como Plintossolo Argilúvico abruptico, Argissolo Vermelho abruptico e Argissolo Amarelo abruptico.

Vários estudos realizados em Maracá avaliando os atributos físico-químicos do solo apresentam resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho, isto é, estes solos possuem altas concentrações de Fe, Mg, Ca e AL, além disso, são ácidos e arenosos (CARVALHO, 2014; NASCIMENTO et al., 2017). Os resultados obtidos das análises químicas e granulométricas do solo na Ilha de Maracá coincidem com a maioria dos solos de terra firme na Amazônia, que são mais pobres, de modo que agentes químicos e biológicos têm agido lentamente sobre eles há milhares de anos, estimulando a perda de bases permutáveis, e contribuindo para solos notavelmente ácidos (VENDRAME, 2011). Além disso, a alta estabilidade topográfica combinada com tempo quente e úmido contínuo resultou em uma profunda intemperização e

lixiviação do material de origem, eliminando a rocha-mãe como fonte de nutrientes (QUESADA et al., 2010), assim, a ciclagem de nutrientes da cobertura vegetal é de extrema importância para a manutenção da floresta. Conforme dados obtidos da classificação de solos na ilha de Maracá, Verificou-se que as classes do solo predominantes são os Argissolos e Plintossolos. Estes resultados são similares aos reportados por Robison e Nortcliff (1991) os quais fazendo uma pesquisa abrangente nesta área encontraram estas classes de solos entre as mais abundantes da Ilha.

Tabela 1 - Atributos químicos e granulometria das amostras de solo coletadas na profundidade de 0-10 cm em diferentes estações (seca e chuvosa) na presença/ausência de *P. gracilipes* na Ilha de Maracá, Roraima, Brasil.

Atributos químicos	FSP			FPP			FRP		
	Seca	Chuvosa	Média	Seca	Chuvosa	Média	Seca	Chuvosa	Média
pH	4.85±0.27a	4.37±0.23b	4.61	4.98±0.22a	5.14±0.58a	5.06	4.96±0.14a	4.93±0.39a	4.94
B	0.18±0.07b	0.30±0.08b	0.24	0.21±0.08b	0.42±0.07a	0.31	0.28±0.05a	0.45±0.1a	0.36
Ca	2.27±0.80b	3.13±1.19b	2.70	3.0±1.31b	4.87±2.59ab	3.93	4.4±1.96a	6.4±2.47a	5.40
Cu	0.43±0.15a	0.43±0.18b	0.43	0.5±0.18a	0.63±0.30ab	0.57	0.43±0.16a	0.49±0.15a	0.46
Fe	37.6±25.67b	36.56±26.37b	37.08	113.73±46.97a	238.87±152.99a	176.30	96.2±49.71a	148.85±104.76a	122.53
P	4.67±3.29a	5.33±1.29b	5	4.67±2.13a	6.27±0.96ab	5.47	6.2±1.61a	7.13±1.69a	6.67
H+Al	26.27±7.81b	23.87±7.76b	25.07	30.27±5.71ab	29.67±8.41b	29.97	36.67±10.64a	42.87±16.87a	39.77
K	56.42±14.51b	30.68±9.07b	43.55	68.9±24.96ab	47.06±15.07a	57.98	83.98±43.52a	53.3±11.85a	68.64
Al	2.6±0.99a	2.33±1.35a	2.47	2.73±1.1a	1.73±1.16a	2.23	2.8±1.61a	2.2±1.42a	2.50
Mg	1.8±0.41c	1.6±0.74c	1.70	3.8±1.70b	3.67±1.8b	3.73	5.4±1.99a	5.47±1.1a	5.43
Mn	6.12±4.44b	6.68±3.94b	6.40	8.99±5.28b	15.69±15.88b	12.34	25.54±21.98a	35.65±26.25a	30.59
M.O.	15.07±7.20c	6.53±2.64b	10.80	23.0±7.49b	14.67±6.13a	18.83	30.47±9.67a	17.6±6.93a	24.03
S	6.8±3.61a	5.07±1.28b	5.93	5.87±2.80a	5.13±1.06b	5.50	5.2±2.70a	6.53±0.83a	5.87
Zn	0.46±0.12b	0.48±0.07b	0.47	0.78±0.28ab	0.72±0.29b	0.75	1.1±0.80a	1.15±0.75a	1.12
<b>Textura</b>									
Argila	N/A	106.8±56.85a	106.80	N/A	119.8±41.19a	119.80	N/A	121.07±20.81a	121.07
Silte	N/A	45.2±31.39b	45.20	N/A	95.53±65.02a	95.53	N/A	74.93±29.27ab	74.93
Areia	N/A	848.0±72.62a	848	N/A	784.67±101.76a	784.67	N/A	804.0±41.02a	804

Médias seguidas pela mesma letra entre estações em cada um dos tipos florestais analisados, não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 2 - Valores de textura (areia, silte e argila) classe textural e classificação dos solos, na presença/ausência de *P. gracilipes* na Ilha de Maracá, Roraima, Brasil.

Áreas	Profundidade (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe textural	Classe de 2º nível categórico
L3-500	0 - 20	827.6	77.8	94.3	Arenosa/média pesada	Plintossolo Argilúvico típico
	20 - 30	706.2	105.5	188.4		
	30 - 40	629.2	101.8	268.9		
	40 - 50	651.6	88	260.4		
	50 - 60	614.6	84.4	301		
	60 - 70	626.3	80.8	292.8		
	70 - 80	655.1	75.3	269.6		
	80 - 90	637.6	73.8	288.7		
	90 - 100	662.2	74.3	263.6		
FSP L3-1500	0 - 20	843.2	83.7	73.1	Arenosa/média leve	Argissolo Acinzentado abruptico
	20 - 30	815.7	101.1	83.1		
	30 - 40	807.2	101.1	91.6		
	40 - 50	796.9	142.1	61		
	50 - 60	781.2	103.2	115.7		
	60 - 70	803.3	81.6	115.1		
	70 - 80	771.7	92.6	135.7		
	80 - 90	753.9	96	150.1		
	90 - 100	746.9	96.7	156.4		
L3-2500	0 - 20	872.4	62.5	65	Média leve	Plintossolo Háplico típico
	20 - 30	848.2	73.6	78.2		
	30 - 40	809.5	99.7	90.7		
	40 - 50	810.5	99.7	89.7		
	50 - 60	790.9	103.8	105.3		
	60 - 70	748.4	122.8	128.8		
	70 - 80	740.9	90.7	168.4		
	80 - 90	744.7	91.8	163.5		
	90 - 100	731.8	88.2	180		
L3-3500	0 - 20	821.1	78.9	100	Média leve	Plintossolo Háplico típico
	20 - 30	782.2	96.3	121.4		
	30 - 40	785.3	98.8	115.9		
	40 - 50	759.6	104.4	136		
	50 - 60	748.6	94.8	156.5		
	60 - 70	754.3	204.6	41.1		
	70 - 80	745.7	75.2	179		
	80 - 90	742.9	65.7	209.3		
	90 - 100	700.3	53.7	246		
FPP L4-2500	0 - 20	820.4	106.4	73.3	Média leve	Neossolo Quartzarênico Hidromórfico plintossólico
	20 - 30	778.1	137.3	84.7		
	30 - 40	770.7	133.7	95.6		
	40 - 50	773.2	125.7	101.2		
	50 - 60	792.9	114.8	92.3		
	60 - 70	806.1	105.7	88.2		
	70 - 80	807.3	109.6	83		
	80 - 90	886.8	51.1	62.1		
	90 - 100	855.4	67.5	77		
L4-3500	0 - 20	849.4	81.3	69.3	Média leve	Cambissolo Háplico espessarênico
	20 - 30	846	82.7	71.2		
	30 - 40	842.3	77.1	80.6		

		40 - 50	852.6	75.7	71.7				
		50 - 60	878.3	64.1	57.6				
		60 - 70	876.8	75.1	48.1				
		70 - 80	893.4	64.1	42.5				
		80 - 90	856.7	77.7	65.6				
		90 - 100	789.6	77.8	132.6				
		0 - 20	785.3	104.4	110.4				
		20 - 30	796.9	99.8	103.3				
		30 - 40	777.8	102.8	119.4				
		40 - 50	750.1	100.3	149.5				
	L5-3500	50 - 60	568.7	245.2	186.1	Arenosa/média pesada	Plintossolo Argilúvico abruptico		
		60 - 70	677.1	80.8	242.1				
		70 - 80	614.5	83.6	301.9				
		80 - 90	603.1	81.6	315.4				
		90 - 100	613	85	302				
		0 - 20	811.9	78.2	109.8				
		20 - 30	737.8	93.4	168.8				
		30 - 40	669.7	100.5	229.8				
		40 - 50	627.1	86.6	286.3				
	FRP L6-3500	50 - 60	561	85.6	353.5	Arenosa/argilosa	Argissolo Vermelho abruptico		
		60 - 70	539.4	72.1	388.5				
		70 - 80	584.1	72	343.9				
		80 - 90	589.2	80.5	303.3				
		90 - 100	537.9	77.1	385				
		0 - 20	872.4	69.1	58.6				
		20 - 30	835.6	80.7	83.7				
		30 - 40	849.3	74.6	76.1				
		40 - 50	827.8	95.1	77.1				
	L6-4500	50 - 60	825.8	92.6	81.6	Arenosa/média	Argissolo Amarelo abruptico		
		60 - 70	790.7	80.3	129				
		70 - 80	812.7	102.2	85.1				
		80 - 90	701.9	72.5	225.6				
		90 - 100	593.1	113.9	293				

## 5.2 EXTRAÇÃO E CONTAGEM DE ESPOROS DE FMA

A densidade, a riqueza média de espécies (S), o índice de Shannon (H) e o índice de equitabilidade de Pielou (J) são apresentados na tabela 3. A densidade média de esporos por 50 g se solo, foi maior em FRP, comparada aos demais coberturas vegetais. Foi significativamente diferente entre as épocas, o valor mais alto para esta variável foi encontrado na época seca, do que na época chuvosa. Em ambas épocas, solos de FRP apresentaram maior média de número de esporos (107.67) do que FPP (53.03) e FSP (49.40). A riqueza de espécies variou de acordo com a época e entre os tipos florestais (Tabela 3), sendo que a época seca apresentou maior diversidade de espécies nos três tipos florestais objetos de este estudo. Os valores mais altos de riqueza foram encontrado na FRP com um valor de 13.46 na época seca

e 9.13 na época chuvosa, enquanto que os valores mais baixos foram reportados na FSP na época seca e chuvosa com valores de 9.40 e 5.33 respectivamente. O índice de Shannon foi significativamente maior na época seca em relação a época chuvosa nos três tipos florestais, A diversidade expressa pelo índice de Shannon indicou a FRP como o tipo vegetal mais diversificado na época seca ( $H = 2.52$ ). Não foram encontradas diferenças significativas para o índice de equitabilidade de Pielou nas duas épocas de coleta.

Segundo Morton et al. (2004) a quantificação do número de esporos presentes no solo é indispensável para avaliar a presença dos FMA e vários fatores influenciam na esporulação, como a sazonalidade climática e fenologia do hospedeiro. Leal; Stürmer e Siqueira (2009) e Carneiro et al. (2016) avaliaram a ocorrência e diversidade da FMA na região tropical, e também encontraram maior número de esporos viáveis no período seco em relação ao chuvoso. Estes resultados estão de acordo com as expectativas, com intensa esporulação na estação seca como estratégia de sobrevivência durante a fase de estresse hídrico das plantas hospedeiras (DEEPIKA; KOTHAMASI 2014; DA SILVA et al., 2014). Os números de esporos de FMA encontrados aqui foram altos (60 a 150 na época seca e entre 25 a 70 na época chuvosa) em comparação ao estudo realizado por Stürmer et al (2018) em uma área de transição entre savanas – florestas, realizado em Roraima, onde registraram entre 5 e 25 esporos de FMA em 50 g de solo. Araújo et al. (2019) avaliando a diversidade de FMA em floresta nativa no Estado de Roraima também encontraram densidade menor, do que o observado na Ilha de Maracá (18 esporos em 50 mL de solo).

Tabela 3 – Número total de esporos de FMA (em 50 g de solo), riqueza média de espécies (S) por amostra, índice de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (J) em diferentes estações (seca e chuvosa) e presença/ausência de monodominância de *P. gracilipes* na Ilha de Maracá, Brasil.

Itens avaliados/Cobertura vegetal e época	FSP			FPP			FRP		
	Seca	Chuvosa	Média	Seca	Chuvosa	Média	Seca	Chuvosa	Média
Nº. Esporos 50 g solo <sup>-1</sup>	73.8± 0.85a	25.0± 0.42b	49,40	63.93± 0.67a	42.13± 0.64b	53,03	148.9± 1.21a	66.4± 0.81b	107,67
S	9.40± 1.35a	5.33± 1.23b	7,367	9.53± 1.19a	6.93± 1.58b	8,233	13.46± 1.30a	9.13± 1.06b	11,30
H	2.13± 0.15a	1.55± 0.23b	1,84	2.16± 0.12a	1.80± 0.27b	1,99	2.52± 2.53a	2.12± 0.13b	2,33
J	0.95± 0.1a	0.94± 0.3a	0,95	0.96± 0.1a	0.94± 0.3b	0,95	0.97± 0.1a	0.96± 0.12a	0,97

Médias seguidas pela mesma letra entre estações em cada um dos tipos florestais analisados, não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

### 5.3 IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DE FMA NAS AMOSTRAS DE CAMPO

Foram recuperados e identificados das amostras de campo, 18 morfotipos de esporos de FMA nos três tipos florestais de coleta na época seca e 13 morfotipos na época chuvosa (Tabela 4, Anexo A). Dos morfotipos encontrados, 10 apenas foram identificados quanto ao gênero. Os esporos identificados pertencem a *Glomus* (família Glomeraceae), *Acaulospora* (família Acaulosporaceae), *Gigaspora*, *Dentiscutata* e *Scutellospora* (família Gigasporaceae) e *Archaeospora* (família Archaeosporaceae). *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Acaulospora mellea*, *Acaulospora* sp1 e *Acaulospora* sp2. Eles foram detectados em todos os tipos florestais e nas duas épocas, mas sua frequência variou de acordo com cada tipo de floresta e época de coleta. Na FRP foi encontrado um total de 17 morfotipos de FMA dos 18 que foram identificados na Ilha de Maracá na estação seca. A FRP foi o tipo florestal que apresentou maior abundância de indivíduos (2234) na estação seca e (996) na chuvosa em comparação com a FPP (959 e 632) e FSP (1007 e 375) respectivamente. As espécies *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Acaulospora mellea*, *Scutellospora* sp1 e *Scutellospora* sp2 ocorreram em todas as áreas nas duas estações, sempre com percentagens mais elevadas em comparação com as outras espécies registradas. As espécies *Glomus* sp1, *Gigaspora margarita* e *Dentiscutata biornata* ocorreram nos três tipos florestais apenas na época seca.

A riqueza e diversidade de espécies registradas neste estudo está dentro da faixa detectada por Stürmer et al. (2018) em áreas de savana no Estado de Roraima, os quais fizeram a primeira pesquisa na região, encontrando 21 espécies para este bioma. As espécies incluíam todas as encontradas na Ilha de Maracá com a exceção de *Acaulospora spinosa*. Em outro trabalho realizado na região em diferentes sistemas de uso do solo (Agroflorestal, cultivos convencionais de soja e milho e mata nativa) foram encontradas 16 espécies de FMA pertencentes a cinco famílias (ARAÚJO et al., 2019). Do total de espécies de FMA encontradas nestes sistemas de uso do solo, não foram observadas as espécies *Acaulospora spinosa*, *Acaulospora colombiana*, *Acaulospora scrobiculata*, *Archaeospora trappei* e *Gigaspora margarita*, as quais ocorreram em Maracá. A riqueza de espécies de FMA encontrada também está dentro da faixa detectada na savana tropical do Quênia (14 espécies por MUCHANE et al., 2012). Embora inferiores aos registrados na floresta Amazônica do Equador (32

espécies por GARCÉS-RUIZ et al., 2019) e La Gran Sabana da Venezuela (29 espécies por LOVERA; CUENCA, 2007).

Tabela 4 - Famílias e espécies de FMA e quantidade de esporos encontrados em diferentes estações (seca e chuvosa) e presença/ausência de monodominância de *P. gracilipes* na Ilha de Maracá, Brasil.

Código	Famílias/Espécies de FMA	FSP		FPP		FRP	
		Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa
	<b>Família Glomeraceae</b>						
Glo1	<i>Glomus</i> sp1	109	120	107	166	279	186
Glo2	<i>Glomus</i> sp2	85	39	95	48	93	70
Glo3	<i>Glomus</i> sp3	-	22	2	99	327	96
Glo4	<i>Glomus</i> sp4	-	-	6	-	249	-
Glo5	<i>Glomus</i> sp5	137	-	115	-	166	-
	<b>Família Acaulosporaceae</b>						
Acol	<i>Acaulospora colombiana</i> (Spain & Schenck) Kaonongbua, Morton and Bever	-	-	9	-	17	-
Amell	<i>A. mellea</i> Spain and Schenck	1	8	46	21	122	62
Ascro	<i>A. scrobiculata</i> Trappe	-	-	13	3	226	108
Aspin	<i>A. spinosa</i> C. Walker and Trappe	14	4	-	102	79	20
Acau1	<i>Acaulospora</i> sp1	27	6	29	16	23	16
Acau2	<i>Acaulospora</i> sp2	13	16	5	16	72	35
	<b>Família Gigasporaceae</b>						
Gmarg	<i>Gigaspora margarita</i> Becker and Hall	242	-	153	-	90	-
Giga1	<i>Gigaspora</i> sp1	-	-	-	8	76	268
Dbior	<i>Dentiscutata biornata</i> (Spain, Sieverd. and S. Toro) Sieverd., F.A. Souza and Oehl	176	-	146	-	176	-
Dhete	<i>D. heterogama</i> (T.H. Nicol. and Gerd.) Sieverd., F.A. Souza and Oehl	-	1	70	42	64	60
Scut1	<i>Scutellospora</i> sp1	160	60	36	4	2	0
Scut2	<i>Scutellospora</i> sp2	113	84	115	107	173	75
	<b>Família Archaeosporaceae</b>						
Artra	<i>Archaeospora trappei</i> (Ames & Linderman) J.B. Morton and D. Redecker	30	15	12	-	-	-

#### 5.4 IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DE FMA EM CULTURA ARMADILHA

Quanto a identificação dos esporos na cultura armadilha (Tabela 5), foi possível verificar na estação seca 19 espécies, das quais 13 foram previamente registradas nas amostras de campo. Seis espécies de FMA (*Acaulospora morrowiae*,

*Claroideoglopus etunicatum*, *Gigaspora* sp2, *Rhizophagus clarus*, *Cetraspora pelúcida* e *Glomus* sp6) foram detectadas esporulando exclusivamente nas plantas armadilhas de FSP e FPP. Na estação chuvosa, 16 espécies foram detectadas esporulando nas plantas armadilhas e quatro delas (*Acaulospora morrowiae*, *Rhizophagus clarus*, *Cetraspora pelúcida* e *Glomus* sp6) foram recuperadas exclusivamente nas armadilhas de FSP e FPP. Quanto a identificação dos esporos na cultura armadilha da FRP, tanto na estação seca quanto na chuvosa, foram detectadas as mesmas espécies das amostras analisadas direto do campo.

Em condições de campo, uma grande quantidade de espécies de FMA não conseguem esporular, assim a cultura armadilha é usada com o objetivo de possibilitar essa esporulação. A recuperação de seis espécies adicionais de FMA na época seca e quatro na chuvosa, utilizando *Urochloa brizantha* como cultura armadilha, mostrou-se eficiente. Mesmo sem o uso de diferentes diluições, como recomendado (STUTZ; MORTON, 1996), visto que as espécies de FMA apresentam dinâmica de esporulação distintas na armadilha. Nossos resultados foram superiores aos registrados em estudo conduzido nas savanas de Roraima (STÜRMEER et al., 2018), onde foram encontrados apenas duas espécies adicionais seguindo a metodologia de diluições de 50%, 25% e 12,5%. Em outro estudo, conduzido nas savanas venezuelanas, apenas 3 espécies adicionais em duas épocas de coletas foram capturadas utilizando cultura armadilha (LOVERA; CUENCA, 2007). Estudo conduzido por Leal; Stürmer e Siqueira (2009), em diferentes sistemas de uso do solo no Amazônia (Floresta primária, secundária, pastagens e sistemas agroflorestais), recuperaram 23 espécies de FMA no total da cultura armadilha, das quais 13 e 14 foram recuperadas da floresta primária e secundária respectivamente, o qual está dentro da faixa encontrada na Ilha de Maracá. Esses resultados parecem indicar que o número de espécies de FMA recuperadas da cultura armadilha em Maracá é alto em comparação de outros sistemas de uso do solo.

Tabela 5 - Família e espécies de FMA identificados na cultura armadilha com *Urochloa brizantha*, em diferentes estações (seca e chuvosa) e presença/ausência de monodominância de *P. gracilipes* na Ilha de Maracá, Brasil.

Famílias/Espécies de FMA	FSP		FPP		FRP	
	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa
<b>Família Glomeraceae</b>						
<i>Glomus</i> sp1	X	X	X	X	X	X
<i>Glomus</i> sp2	X	X	X	X	X	X
<i>Glomus</i> sp3	X	X	X	X	X	X
<i>Glomus</i> sp6 ***	X			X		
<i>Rhizophagus clarus</i> ***	X	X				
<b>Família Acaulosporaceae</b>						
<i>Acaulospora colombiana</i> (Spain & Schenck) Kaonongbua, Morton and Bever	X		X		X	
<i>A. mellea</i> Spain and Schenck	X	X	X	X	X	X
<i>A. scrobiculata</i> Trappe		X		X		X
<i>A. spinosa</i> C. Walker and Trappe	X		X		X	
<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & Schenck ***	X			X		
<i>Acaulospora</i> sp1	X	X	X	X	X	X
<i>Acaulospora</i> sp2	X	X	X	X	X	X
<b>Família Gigasporaceae</b>						
<i>Cetraspora pellucida</i> (Nicol. & Schenck) Oehl F.A.Souza & Sieverding		X	X			
<i>Gigaspora margarita</i> Becker and Hall	X	X	X	X	X	X
<i>Gigaspora</i> sp1	X	X	X	X	X	X
<i>Gigaspora</i> sp2 ***			X			
<i>D. heterogama</i> (T.H. Nicol. and Gerd.) Sieverd., F.A. Souza and Oehl	X		X		X	
<i>Scutellospora</i> sp1	X	X	X	X	X	X
<i>Scutellospora</i> sp2		X		X		X
<b>Família Archaeosporaceae</b>						
<i>Archaeospora trappei</i> (Ames & Linderman) J.B. Morton and D. Redecker	X	X	X	X	X	X
<b>Família Claroideoglomeraceae</b>						
<i>Claroideoglomus etunicatum</i> ***	X					

\*\*\* Espécies de FMA exclusivas da cultura armadilha.

## 5.5 COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA DE RAÍZES DE *P. gracilipes* EM CAMPO

A taxa de colonização micorrízica em *P. gracilipes* em duas estações, seca e chuvosa, é apresentado na tabela 6. Existe diferença significativa entre as duas épocas de coleta, sendo que a época seca apresentou maior colonização micorrízica nas raízes de *P. gracilipes* ( $P < 0,01$ ) com 63,69 % em relação a época chuvosa que apresentou um valor de 18,7 % de colonização. A colonização micorrízica acima do 40 % encontrada aqui também foi reportada em outras zonas tropicais. Em uma

floresta tropical em Singapura (LOUIS; LIM, 1987), na mata atlântica no Brasil (ZANGARO et al., 2013) e também na floresta Amazônica no Equador (GARCÉS-RUIZ et al., 2019). Como observado neste estudo, esporulação e colonização radicular são dois fenômenos que estão intimamente relacionados, de modo que o conhecimento do padrão sazonal da colonização micorrízica é necessário para quantificar o funcionamento e a significância ecológica dos FMA (MEDDAD-HAMZA et al., 2017). Vários atributos do solo como o baixo teor de pH, alto conteúdo de areia (é dizer baixa retenção de água) além das secas extremas, frequentemente são associados com altas taxas de colonização micorrízica (PEREIRA et al., 2020). Nestas condições, os FMA são capazes de produzir um maior número de hifas e aumentar a capacidade exploratória das raízes (RUIZ-LOZANO, 2003), fornecendo uma maior quantidade de água e nutrientes para as plantas (ZHANG et al., 2016), mesma que permite melhorar a sobrevivência das mudas (PEREIRA et al., 2020). A simbiose micorrízica pode influenciar não apenas a estrutura da comunidade vegetal, mas também padrões de produtividade dos ecossistemas, ciclagem de nutrientes e resiliência. De fato, a simbiose com FMA pode ser crucial para estabelecimento de plantas, especialmente em face do déficit de água no solo (VAN DER HEIJDEN et al., 2015) como é o caso da Ilha de Maracá na época seca.

Tabela 6 - Percentagem de colonização micorrízica em raízes de *P. gracilipes*, em dois períodos de amostragem (seco e chuvoso) na Ilha de Maracá, Brasil.

	COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA (%)	
	Seca	Chuvosa
Média	63.69	18.7
Desvio padrão	6.08	3.75
Coeficiente de variação	9.55	20.08

## 5.6 RELAÇÃO ENTRE FMA E MONODOMINANCIA DE *P. gracilipes*

Alguns estudos tem demonstrado que a monodominância de algumas espécies arbóreas tropicais parece estar intimamente relacionada a associação a fungos ectomicorrízicos, o qual levou à hipótese de que estes fungos, poderiam facilitar o estabelecimento de plântulas crescendo sob luz limitada, portanto, de forma altamente competitiva, excluindo mudas que não possuíam esta associação

simbiótica (TORTI; COLEY, 1999; MCGUIRE et al., 2008). Para as espécies *Dicymbe corymbosa* Spruce ex Benth. e *Dicymbe altsonii* Sandwith, ambas pertencentes a família Caesalpiniaceae, em uma floresta tropical da Guiana, a monodominância e sobrevivência está intimamente ligada a presença de fungos ectomicorrízicos (MCGUIRE et al., 2008). Connell e Lowman (1989), sugerem que a monodominância de uma espécie vegetal estaria relacionada à ocorrência de interações entre os fungos ectomicorrízicos. No caso da floresta de *P. gracilipes* localizada em Maracá, não foi detectada a presença de fungos ectomicorrízicos, mas apenas de FMA (NASCIMENTO, 1994). Os resultados obtidos confirmam a colonização por FMA em *P. gracilipes* e algumas espécies encontradas somente na FRP (*Gigaspora* sp.1 e *Acaulospora scrobiculata*), podem ser um fator adicional para a sobrevivência e monodominância desta leguminosa na Ilha de Maracá.

## 5.7 CORRELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS DO SOLO E DENSIDADE E RIQUEZA DE ESPÉCIES DE FMA

Através da análise de correlação linear de Pearson (Tabela 7), foi possível verificar que a densidade de esporos de FMA e riqueza de espécies foram positivamente correlacionados com alguns atributos químicos do solo. Quanto a densidade de esporos na estação seca, as maiores correlações foram obtidas com B, Ca, Mg, Mn e M.O. ( $P < 0,01$ ). Já na estação chuvosa, a densidade de esporos foi correlacionado positivamente com pH, B, Ca, Mg, Mn e M.O. ( $P < 0,01$ ). Quanto a riqueza de espécies, tanto na estação seca quanto na chuvosa as maiores correlações se obtiveram com Ca, Mg e Mn ( $P < 0,01$ ). Nenhuma correlação foi detectada entre os atributos físicos do solo e a abundância e riqueza de espécies.

As características edáficas podem afetar a micorrização tanto positiva quanto negativamente. As maiores correlações entre os atributos físicos e químicos do solo com a abundância e riqueza de espécies de FMA que se obtiveram no presente trabalho foram com Mg, Mn, Ca, B e M.O. na época seca e com P, K, e pH na época chuvosa. Neste caso, fatores como a acidez, concentrações de matéria orgânica, fósforo, potássio, nitrogênio, alumínio, cobre, zinco e magnésio no solo, interferem no estabelecimento e desempenho da simbiose (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2017), o que é refletido na capacidade de colonização do hospedeiro e a produção de esporos do fungo (PEÑA-VENEGAS et al., 2007). Stürmer et al. (2013) levantaram a

hipótese que solos arenosos e com baixo conteúdo de matéria orgânica estão associados com a dominância de espécies de FMA pertencentes a família Gigasporaceae. De fato, os solos da ilha de Maracá apresentam alto teor de areia, principalmente no tipo florestal FRP (VILLELA; PROCTOR 2017).

Tabela 7 – Valores de coeficiente de correlação ( $r$ ) entre atributos químicos e granulometria do solo com a riqueza e abundância de espécies de FMA em diferentes estações (seca e chuvosa) na Ilha de Maracá, Brasil.

Atributos do solo	Época Seca		Época chuvosa	
	Abundancia de esporos	Riqueza de espécies	Abundancia de esporos	Riqueza de espécies
	$r$	$r$	$r$	$r$
pH	0.232ns	0.136ns	0.476***	0.410**
B	0.436**	0.442**	0.420**	0.350**
Ca	0.472***	0.520***	0.592***	0.549***
Cu	-0.164ns	-0.077ns	0.144ns	0.087ns
Fe	0.185ns	0.049ns	0.362**	0.333ns
P	0.225ns	0.296*	0.442**	0.368ns
H+Al	0.272ns	0.189ns	0.376**	0.297ns
K	0.218ns	0.206ns	0.431**	0.329**
Al	-0.085ns	-0.095ns	-0.201ns	-0.135ns
Mg	0.495***	0.458***	0.615***	0.559***
Mn	0.357**	0.477***	0.610***	0.457***
M.O.	0.396***	0.274ns	0.534***	0.431**
S	-0.196ns	-0.236ns	0.380**	0.368**
Zn	0.313ns	0.219ns	0.375**	0.327*
<b>Textura</b>				
Argila	0.075ns	0.117ns	0.246ns	0.291*
Silte	-0.087ns	0.067ns	0.296*	0.268ns
Areia	0.014ns	-0.103ns	-0.313*	-0.319*

\*, \*\* e \*\*\*: significância estatística em  $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$  e  $P < 0,001$ , respectivamente; ns: não significativo.

O teste PERMANOVA é uma permutação ANOVA, desenvolvida para testar a resposta simultânea de uma ou mais variáveis para um ou mais fatores. Baseado em dados de presença e ausência no presente estudo se evidenciou a dissimilaridade que a composição da comunidade FMA apresenta entre todos os locais e época de coleta ( $P < 0,01$ ) (Tabela 8). A composição de espécies de FMA dos três tipos florestais estudados em Maracá foram distintos entre si. Os agrupamentos formados pela dissimilaridade da composição de espécies de FMA na FRP em relação a FSP e

FRP demonstram que as espécies encontradas aqui são restritivas desta área ( $P < 0,01$ ) (Figura 2). Quanto a composição de espécies de FMA encontradas nas duas épocas de coleta (Figura 3), foi possível verificar que a presença/ausência das espécies de FMA que se encontraram na estação seca eram diferentes da composição de espécies da estação chuvosa ( $P < 0,01$ ).

Os micro-organismos do solo são geneticamente diversos, abundantes e organismos funcionalmente importantes (ROESCH et al, 2007; VAN DER HEIJDEN; BARDGETT; STRAALLEN, 2008), e portanto a compreensão dos padrões biogeográficos e o que os impulsiona é fundamental para a manutenção dos ecossistemas sob um ambiente em mudança. Atualmente, 270 espécies da FMA já foram descritas no phylum Glomeromycota usando a taxonomia morfológica de esporos (REDECKER et al., 2013). No entanto, esta é provavelmente uma subestimação da riqueza global da comunidade de FMA (KIVLIN et al., 2011). O atual entendimento das distribuições geográficas das espécies de FMA é limitada. Vários fatores têm sido identificados que podem influenciar as distribuições de FMA no solo, incluindo fatores abióticos (por exemplo, propriedades físico-químicas do solo), bióticos (por exemplo, planta hospedeira), e propriedades intrínsecas das espécies (por exemplo, dispersão ou capacidade de colonização) (CHAUDHARY et al., 2008). Neste sentido Hazard et al. (2013), sugerem que a distribuição de FMA na paisagem está sendo impulsionada pelo ambiente ao invés de distância geográfica. Estudos prévios baseados em identificação taxonômica de FMA usando esporos têm demonstrado que parâmetros físico-químicos e diversos sistemas de uso do solo influenciam a esporulação de FMA (WANG, 1993; LOVELOCK et al., 2003), crescimento extraradical de micélio (VAN AARLE et al., 2002), densidade e riqueza de esporos (TCHABI et al., 2008), e composição da comunidade de esporos (FITZSIMONS et al., 2008).

Por outro lado, as mudanças sazonais na comunidade de FMA receberam atenção substancial em estudos anteriores, onde a densidade de esporos e colonização radicular foram maiores no verão do que no inverno em uma floresta seca sazonal no México (GUADARRAMA et al. 2014), um ecossistema agroflorestal no Brasil (DE OLIVEIRA e DE OLIVEIRA, 2005), uma floresta pluvial atlântica no Brasil (ZANGARO et al. 2013) e uma floresta secundária subtropical na China (MAITRA et al. 2019). Todos estes resultados juntos enfatizam a necessidade de amostragem de

estações distintas para recuperar a maioria das espécies de FMA em um determinado sistema.

Tabela 8 – Valores da análise PERMANOVA da composição de espécies de FMA em diferentes estações (seca e chuvosa) e presença/ausência de monodominância de *P. gracilipes* na Ilha de Maracá, Brasil.

Fatores	Permanova $r^2$	<i>P</i>
Locais	0.31	<0.001
Estações	0.30	<0.001

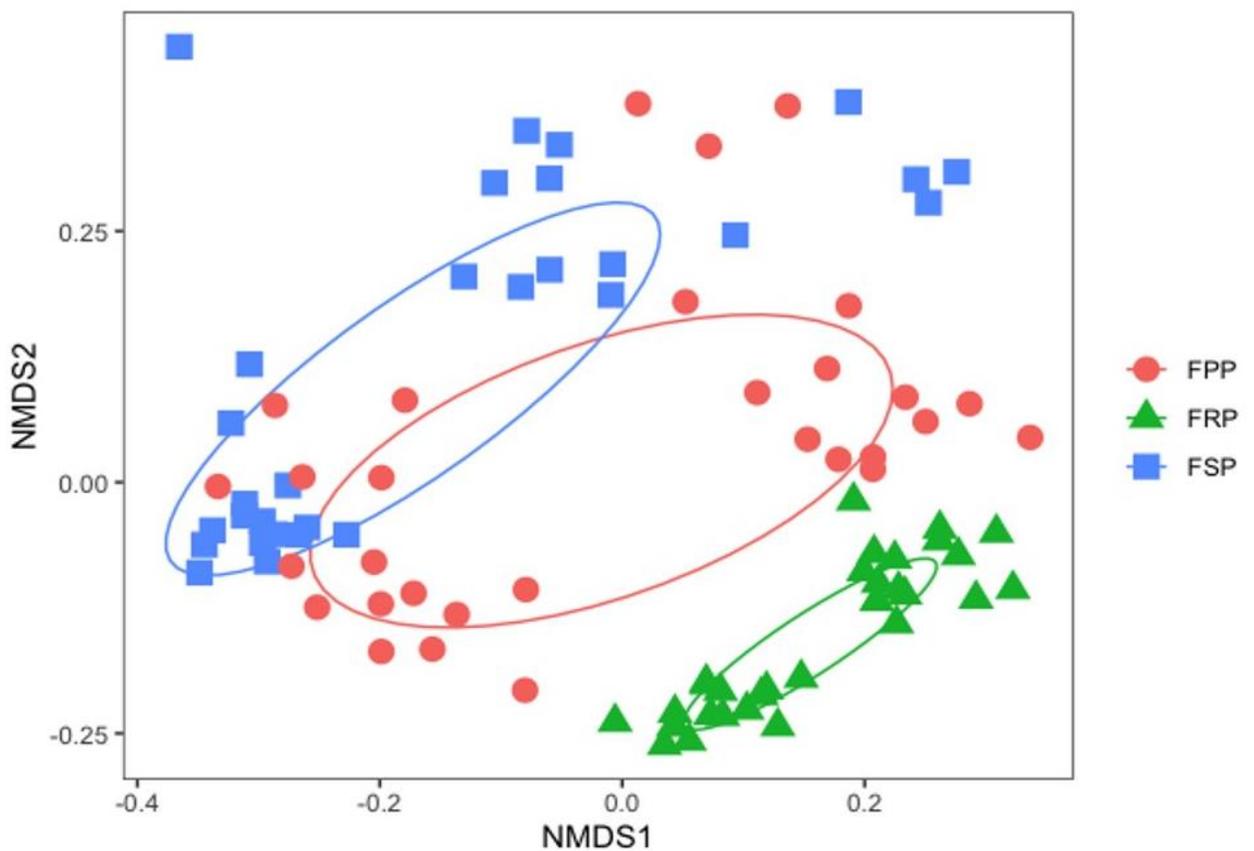


Figura 2 - Composição de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nos três tipos florestais (floresta sem *Peltogyne*, floresta pobre em *Peltogyne* e floresta rica em *Peltogyne*) da Ilha de Maracá. Os elipses representam os agrupamentos dos FMA formados pela dissimilaridade da composição de espécies existente entre as áreas. Cada ponto no gráfico representa uma amostra do solo em cada tipo de floresta nas duas épocas de coleta.

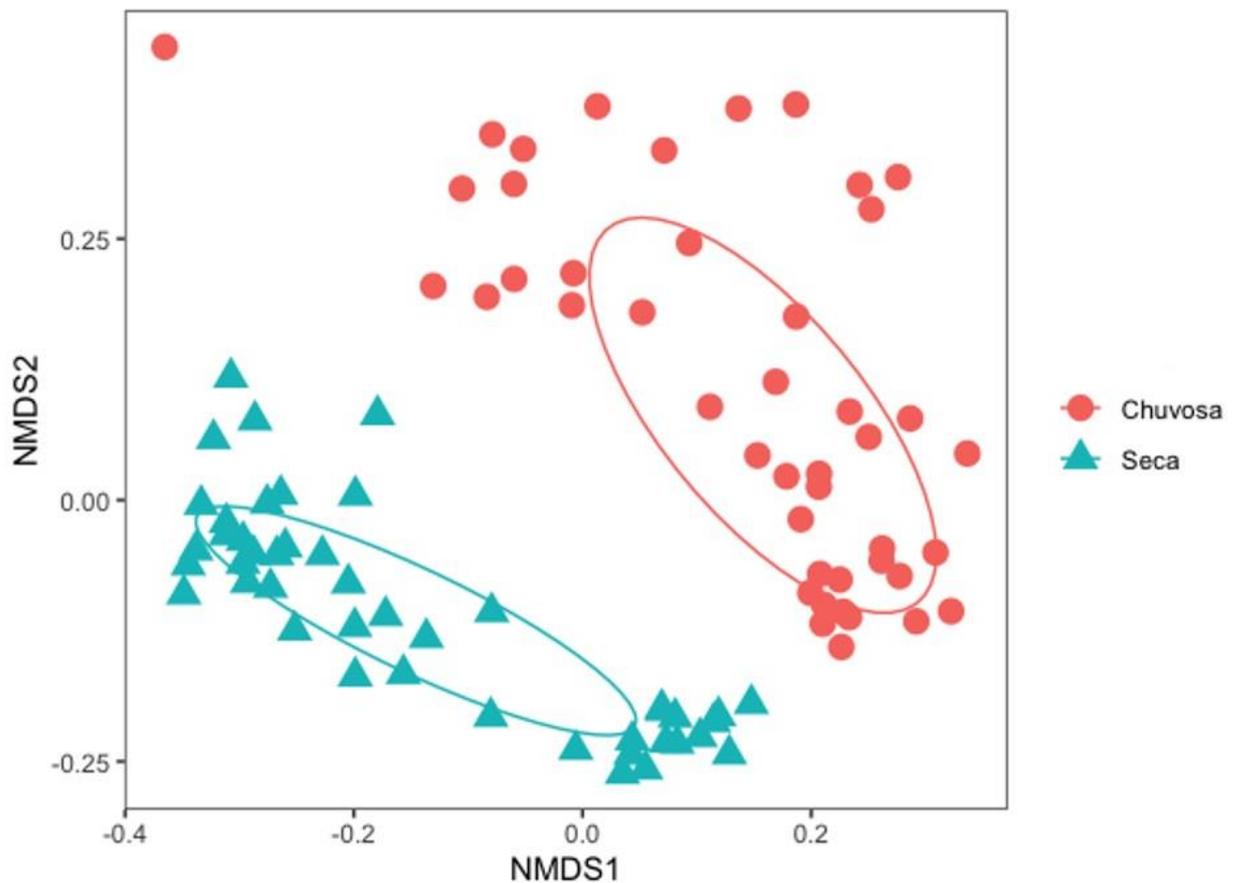


Figura 3 - Composição de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nas épocas seca e chuvosa na Ilha de Maracá. Os elipses representam os agrupamentos dos FMA formados pela dissimilaridade da composição de espécies existente entre as estações. Cada ponto no gráfico representa uma amostra do solo em duas épocas de coleta.

Quanto as análises de redundância (RDA) (Figuras 4 e 5) resultaram em sete eixos canônicos na época seca e cinco na época chuvosa, explicando 12% da variância total pelo teste de permutação de Monte Carlo. Na estação seca (Figura 4), os resultados mostraram que *Dentiscutata heterogama* foi positivamente correlacionado com pH, Fe e Silte e associado a FPP, *Acaulospora mellea* foi correlacionado positivamente com H+Al e areia na FRP. *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus* sp3 e *Glomus* sp4 foram correlacionados positivamente com Mn e associados a FRP. Enquanto que *Gigaspora margarita* e *Scutellospora* sp1 foram negativamente correlacionado com Mn e associados aos tipos florestais FSP e FPP. As espécies de FMA *Archaeospora Trappei*, *Dentiscutata biornata*, *Acaulospora* sp1 e *Scutellospora*

sp2 foram positivamente correlacionados com a presença de Ca e associados a FSP e FPP (Figura 4).

Quanto a estação chuvosa (Figura 5), os resultados mostraram que Fe, pH, Areia, Mg e Zn foram as variáveis preditoras selecionadas pela comunidades de FMA. Neste sentido, *Gigaspora* sp1 foi correlacionado positivamente com Zn e associado a FRP, as espécies de FMA *Acaulospora spinosa*, *Acaulospora* sp1, *Acaulospora* sp2, *Archaeospora trappei*, *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Scutellospora* sp1 e *Scutellospora* sp2 foram negativamente correlacionadas com todas as propriedades do solo antes mencionadas e associadas aos tipos florestais FSP e FPP (Figura 5).

Algumas propriedades do solo como carbono orgânico e pH do solo são parâmetros conhecidos por favorecer a diversidade de FMA (DAVISON et al. 2015). Embora as espécies de FMA como um grupo tendam a ser seletivas para um tipo particular de habitat (ÁLVAREZ-LOPEZTELLO et al. 2019), a análise RDA mostrando a relação entre as propriedades do solo e a distribuição de espécies de FMA na Ilha de Maracá, realizados nas duas épocas, permitiu observar que a seletividade parece ser comum entre a maioria das espécies de FMA estudadas, ou seja, a maioria das espécies de FMA encontradas nesta pesquisa foram obtidas dos três tipos florestais. De fato, encontramos poucas espécies que poderiam ser indicadoras de um determinado tipo florestal.

Dos três tipos florestais estudados em Maracá, somente no tipo florestal FRP existiam espécies indicadoras únicas (Giga1 e A.Scro) tanto na época seca quanto na chuvosa, e estas espécies poderiam estar influenciando positivamente na monodominância do *P. Gracilipes* nesta área. É possível verificar que outras espécies de FMA foram características de uma combinação dos tipos florestais em estudo, estes resultados são diferentes do estudo de diversidade de esporos de FMA em ecossistemas neotropicais no México feito por Álvarez-Lopezello et al. (2019), os quais não detectaram uma espécie de FMA indicadora exclusiva de um tipo de habitat. Entretanto, a presença de espécies indicadoras de um tipo de habitat, como é o caso das espécies que estão colonizando a FRP, principalmente aquelas exclusivas desta área (Giga1 e A.Scro) fornece um motivo adicional para preservar esse tipo de vegetação e seu funcionamento, já que o estudo dos FMA pode ajudar a entender a sucessão vegetal e contribuir para o sucesso da recuperação de florestas tropicais (RAMOS et al., 2011), uma vez que o impacto desses fungos é muito significativo para o funcionamento dos ecossistemas.

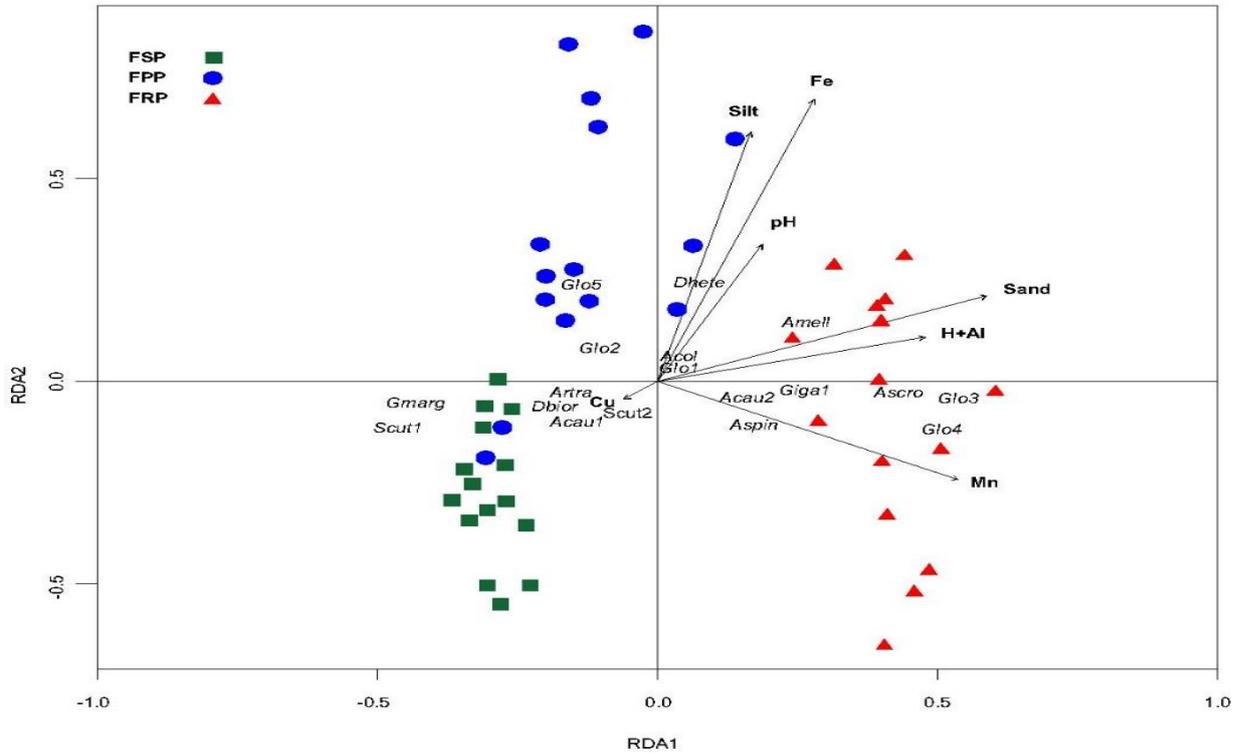


Figura 4 - Análise de Redundância (RDA) das comunidades de FMA com parâmetros de solo e tipos florestais na estação seca da Ilha de Maracá, Brasil. Abreviação das espécies como na Tabela 4.

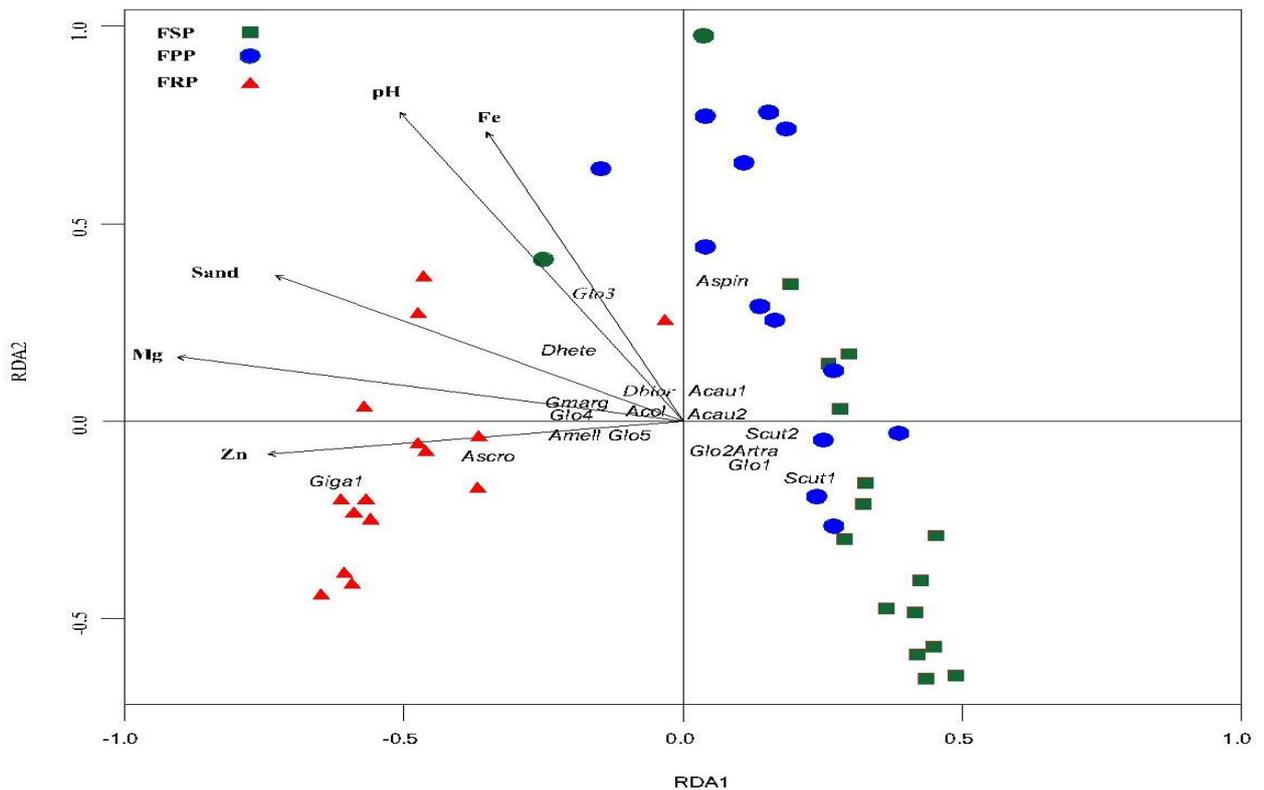


Figura 5 - Análise de Redundância (RDA) das comunidades de FMA com parâmetros de solo e tipos florestais na estação chuvosa da Ilha de Maracá, Brasil. Abreviação das espécies como na Tabela 4

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo revelam importantes diferenças na composição da comunidade de espécies de FMA nos três tipos florestais (FSP, FPP e FRP) nas duas estações (seca e chuvosa) na Ilha de Maracá. Estas diferenças podem ser em grande parte explicadas pelo fato de que as comunidades de FMA foram influenciadas pelos diferentes tipos florestais, a sazonalidade e as propriedades do solo.

O Tipo florestal FRP em comparação com os outros tipos de ambientes estudados nesta pesquisa possui uma alta riqueza e diversidade de espécies de FMA, algumas delas são exclusivas deste tipo florestal, como é o caso das espécies *Gigaspora* sp1 e *Acaulospora scrobiculata*, portanto elas poderiam sugerir uma relação íntima entre a supervivência e adaptação do *P. gracilipes* e os benefícios da simbiose micorrízica.

## REFERÊNCIAS

- AIME, M.; BREARLEY, F. Tropical fungal diversity: closing the gap between species estimates and species discovery. **Biodiversity and Conservation**, [S.l.], v. 21, n. 9, p. 2177-2180, ago./dez. 2012.
- ALEXANDER, I.; SELOSSE, M. A. Mycorrhizas in tropical forests: a neglected research imperative. **New Phytologist**, Lancaster, v. 182, n. 1, p. 14-16, mar./ago. 2009.
- ÁLVAREZ-LOPEZTELLO, J. et al. Spore diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in human-modified neotropical ecosystems. **Ecological Research**, [S.l.], v. 34, n. 3, p. 394-405, dez. 2019.
- ARAÚJO, T. M. et al. Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agroforestry, Conventional Plantations and Native Forests in Roraima State, Northern Brazil. **Journal of Agricultural Science**, [S.l.], v. 11, n. 14, p. 1-9, ago. 2019.
- BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G., CASTELLON, E. G. (Org.). **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA): Manaus, 1997. p. 325-335.
- BEARD, J. S. The classification of tropical American vegetation-types. **Ecology**, [S.l.], v. 36, n. 1, p. 89-100, jul. 1955.
- BENCHERIF, K. et al. Soil and seasons affect arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Tamarix* rhizosphere in arid and semi-arid steppes. **Applied Soil Ecology**, [S.l.], v. 107, [s.n.], p. 182-190, jan./dez. 2016.
- BERBARA, R. L.; SOUZA, F.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos Arbusculares: Muito além da Nutrição. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. 2006. 85 p.
- BEVER, J. D. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. **Bioscience**, Oxford, v. 51, n. 11, p. 923-931, jul./ago. 2001.
- BLANCHET, F.; LEGENDRE, P.; BORCARD, D. Forward selection of explanatory variables. **Ecology**, [S.l.], v. 89, n. 9, p. 2623-2632, may. 2008.
- BLASZKOWSKI, J.; CHWAT, G.; GOTO, B. T. *Rhizophagus natalensis*, a new species in the Glomeromycota. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 129, [s.n.], p. 97-108, abr./jun. 2014.
- BRUNDRETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. In: BEGON, M. F.; MACFADYEN, A. (Eds.). **Advances in ecological research**. London: Academic Press, 1991. p. 171-313.

CARNEIRO, R. F. V. et al. Atributos dos fungos micorrízicos arbusculares como indicadores de áreas degradadas e em recuperação no estado do Piauí. **Revista Brasileira de agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 61-69, abr./dez. 2016.

CARVALHO, L. C. S. **Ecologia e estrutura filogenética de uma floresta monodominante na Amazônia**. 2014. 211 p. Tese (Doutorado em ecologia e Recursos Naturais) - Centro de Biociência e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos Dos Goytacazes, 2014.

CARVALHO L. C. S. et al. (2018) Amazon soil charcoal: Pyrogenic carbon stock depends of ignition source distance and forest type in Roraima, Brazil. **Global Change Biology**, Oxford, v. 24, n. 9, p. 4122-4130, apr. 2018.

CHAUDHARY, V. B.; LAU, M. K.; JOHNSON, N. C. Macroecology of microbes biogeography of the glomeromycota. In: VARMA, A. (Ed) **Mycorrhiza**. Berlin: Springer, 2008. p. 529-563.

CONNELL, J. H.; LOWMAN, M. D. Low-diversity tropical rain forests: some posible mechanisms for their existence. **American Naturalist**, Chicago, v. 134, n. 1, p. 88-119, ago./dez. 1989.

DA SILVA, D. K. A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi: new records in Northeast of Brazil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, [S.I.], v. 1, n. 36, p. 35-50, ago. 2014.

DEEPIKA, S.; KOTHAMASI, D. Soil moisture a regulator of arbuscular mycorrhizal fungal community assembly and symbiotic phosphorus uptake. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 25, n. 1, p. 67-75, may. 2015.

DE OLIVEIRA, A. N.; DE OLIVEIRA, L. A. Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in plants of *Theobroma grandiflorum* Schum and *Paullinia cupana* Mart. of an agroforestry system in Central Amazonia, Amazonas state, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, [S.I.], v. 36, n. 3, p. 262-270, jan. 2005.

DE OLIVEIRA FREITAS, R. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal communities along a pedo-hydrological gradient in a Central Amazonian terra firme forest. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 24, n. 1, p. 21-32, jan. 2013.

DAVISON, J. et al. Global assessment of arbuscular mycorrhizal fungus diversity reveals very low endemism. **Science**, [S.I.], v. 349, n. 6251, p. 970-973, may. 2015.

DOS SANTOS, H. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**: Brasília: Embrapa, 2018. 355 p.

DRAY, S.; LEGENDRE, P.; BLANCHET, G. Packfor: forward selection with permutation. R package version 0.0-7/r58, 2016: disponível em: <<https://R-Forge.Rproject.org/projects/sedar/>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

- EDEN, M. J. et al. The Ilha de Maracá and the Roraima región. In: RATTER, J.; MILLIKEN, W. (Eds.). **Maracá: The Biodiversity and Environment of na Amazonian Rainforest**. London: John Wiley and Sons Ltd, 1998. p. 1-12.
- FITZSIMONS, M. S.; MILLER, R. M.; JASTROW, J. D. Scaledependent niche axes of arbuscular mycorrhizal fungi. **Oecologia**, [S.I.], v. 158, n. 1, p. 117-127, mar. 2008.
- FRAGOSO, J. M. V.; SILVIUS, K. M.; CORREA, J. A. Long-distance seed dispersal by tapirs increases seed survival and aggregates tropical trees. **Ecology**, [S.I.], v. 84, n. 8, p. 1998-2006, jul./ago. 2003.
- FURLEY, P.; RATTER, J. A. Pedological and botanical variations across the forest-savanna transition on Maracá Island. **The Geographical Journal**, London, v. 156, n. 3, p. 251-266, nov. 1990.
- FÜRNKRANZ, M. et al. Nitrogen fixation by phyllosphere bacteria associated with higher plants and their colonizing epiphytes of a tropical lowland rainforest of Costa Rica. **The ISME Journal**, London, v. 2, n. 5, p. 561-570, jan./dez. 2008.
- GARCÉS-RUIZ, M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal community composition in *Carludovica palmata*, *Costus scaber* and *Euterpe precatoria* from weath-ered oil ponds in the Ecuadorian Amazon. **Frontiers in Microbiology**, [S.I.], v. 8, n. 1, p. 1-13, nov. 2017.
- GATES, G. M. et al. The ecology and diversity of wood-inhabiting macrofungi in a native *Eucalyptus obliqua* forest of southern Tasmania, Australia. **Fungal Ecology**, v. 4, p. 56-67, 2011.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological society**, London, v. 46, n. 2, p. 234-244, jan./dez. 1963.
- GHAZOUL, J.; SHEIL, D. **Tropical rain forest ecology, diversity, and conservation**. 1. ed. New York: Oxford University Press, 2010. 496 p.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. **New Phytologist**, Lancaster, v. 84, n. 3, p. 489-500, mar./ago. 1980.
- GUADARRAMA, P. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in changing environments: The effects of seasonality and anthropogenic disturbance in a seasonal dry forest. **Pedobiologia**, [S.I.], v. 57, n. 2, p. 87-95, jan. 2014.
- HART, T. B.; HART, J. A.; MURPHY, P. G. Monodominant and species-rich forests in the humid tropics: causes for their co-occurrence. **American Naturalist**, Chicago, v. 133, n. 5, p. 613-633, ago./dez. 1989.
- HAZARD, C. et al. The role of local environment and geographical distance in determining community composition of arbuscular mycorrhizal fungi at the landscape scale. **The ISME journal**, [S.I.], v. 7, n. 3, p. 498-508, jul. 2013.

HE, L.; LI, C.; LIU, R. Indirect interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and *Spodoptera exigua* alter photosynthesis and plant endogenous hormones. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 27, n. 6, p. 525-535, ago. 2017.

HEMMING, J. **The rainforest edge: plant and soil ecology of Maraca Island, Brazil**. Manchester: Manchester University Press, 1994. 186 p.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, R. M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungal assemblages in biological crusts from a Neotropical savanna are not related to the dominant perennial *Trachypogon*. **Science of The Total Environment**, [S.l.], v. 575, [s.n.], p. 1203-1210, jan. 2017.

HILL, M.; GAUCH, H. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. In: **Classification and ordination**. Springer: Dordrecht, 1980, p. 47-58

HOLSTE, E.; KOBE, R. Tree species and soil nutrients drive tropical reforestation more than associations with mycorrhizal fungi. **Plant Soil**, [S.l.], v. 410, n. 1-2, p. 283-297, jan. 2017.

HOLTZ, E. W. F. et al. Glomalins and Their Relationship with Soil Carbon. **International Journal of Applied Science and Technology**, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 69-73, jun. 2016.

INVAM. **International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi**. Disponível em: <<http://invam.wvu.edu/>>. Acesso em: 21 jul. 2020.

KARDOL, P.; WARDLE, D. A. How understanding aboveground-belowground linkages can assist restoration ecology. **Trends and Ecology & Evolution**, Cambridge, v. 25, n. 11, p. 670-679, set. 2010.

KIERS, E. et al. Differential effects of tropical arbuscular mycorrhizal fungal inocula on root colonization and tree seedling growth: implications for tropical forest diversity. **Ecology Letters**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 106-113, jan./dez. 2000.

KIVLIN, S. N.; HAWKES, C. V.; TRESEDER, K. K. Global diversity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biol Biochem**, [S.l.], v. 43, [s.n.], p. 2294-2303, jan. 2011.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, [S.l.], v. 92, n. 4, p. 486-505, dez. 1989.

KOSKE, R. E. et al. Arbuscular mycorrhizal in coastal dunes. In: MARTÍNEZ, M. L.; PSUTY, N. P. (Eds.). **Coastal Dunes**, Heidelberg: Spring-Verlag, 2008. p. 173-187.

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. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 40, [s.n.], p. 111-121, out. 2009.

LEAL, P.; SIQUEIRA, J.; STÜRMER, S. Switch of tropical Amazon forest to pasture affects taxonomic composition but not species abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungal community. **Applied soil ecology**, [S.l.], v. 71, [s.n.], p. 72-80, set. 2013.

LEE, E. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi and their roles in ecosystems. **Mycobiology**, Seoul, v. 41, n. 3, p. 121-125, set. 2013.

LIMA, H. C.; DE CORDULA, E. *Peltogyne* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 20 mar. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB78750>>. Acesso em: 2 mar. 2020.

LOUIS, I.; LIM, G. Spore density and root colonization of vesicular-arbuscular mycorrhizas in tropical soil. **Transactions of the British Mycological Society**, [S.l.], v. 88, n. 2, p. 207-212, mar. 1987.

LOVELOCK, C. E.; ANDERSON, K.; MORTON, J. B. Arbuscular mycorrhizal communities in tropical forests are affected by host tree species and environment. **Oecologia**, [S.l.], v. 135, n. 2, p. 268-279, dez. 2003.

LOVERA, M.; CUENCA, G. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y potencial micorrízico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la gran sabana, Venezuela. **Interciencia**, [S.l.], v. 32, n. 2, p. 108-114, may. 2007.

MAITRA, P. et al. Effect of drought and season on arbuscular mycorrhizal fungi in a subtropical secondary forest. **Fungal Ecology**, [S.l.], v. 41, [s.n.], p. 107-115, dez. 2019.

MARTÍNEZ, L. B.; PUGNAIRE, F. I. Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. **Ecosistemas**, Madrid, v. 18, n. 2, p. 44-54, maio. 2009.

MCGUIRE, K. L. et al. Dual mycorrhizal colonization of forest-dominating tropical trees and the mycorrhizal status of non-dominant tree and liana species. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 18, n. 4, p. 217-222, abr. 2008.

MEDDAD-HAMZA, A. et al. Spatiotemporal variation of arbuscular mycorrhizal fungal colonization in olive (*Olea europaea* L.) roots across a broad mesic-xeric climatic gradient in North Africa. **Science of The Total Environment**, [S.l.], v. 583, [s.n.], p. 176-189, jan. 2017.

MILLIKEN, W.; RATTER, J. **The vegetation of the Ilha de Maracá: first report of the vegetation survey of the Maracá**. 1. ed. Edimburgo: Royal Botanic Garden, 1989. 277 p.

MIRANDA, T. M.; HANAZAKI, N. Conhecimento e uso de recursos vegetais de restinga por comunidades das ilhas do Cardoso (SP) e de Santa Catarina (SC), Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 22, n. 1, p. 203-215, jan./dez. 2008.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA. 2006. 729 p.

MORTON, J. B. et al. Mutualistic Arbuscular Endomycorrhizal Fungi. In: MUELLER, G. M.; BILLS, G. F.; FOSTER, M. S. (Orgs.). **Biodiversity of Fungi - Inventory and Monitoring Methods**. Oxford: Elsevier Academic Press, 2004. p. 317-336.

MUCHANE MN, et al. Effect of land use system on arbuscular mycorrhiza fungi in Maasai Mara ecosystem, Kenya. **African Journal Microbiology**, [S.l.], v. 6, n. 17, p. 3904-3916, may. 2012.

NASCIMENTO, M. T. **A monodominant rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil: forest structure and dynamics**. 1994. 274 p. Tese (Doctor of Philosophy) - Department of Biological and Molecular Sciences, University of Stirling, Stirling, 1994.

\_\_\_\_\_. Estrutura e diversidade das florestas de terra firme na Ilha de Maracá. In: BARBOSA R. I.; FERREIRA E. J. G.; CASTELLON E. G. (Org.). **Homem, Ambiente e Ecologia do Estado de Roraima**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 1997. p. 417-443.

NASCIMENTO, M. T. et al. Above-ground live biomass changes over an 11-year period in Amazon monodominant forest and two other lowland forests. **Plant Ecology**, [S.l.], v. 192, n. 2, p. 181-191, jun. 2007.

\_\_\_\_\_. Is the *Peltogyne gracilipes* monodominant forest characterised by distinct soils?. **Acta Oecologica**, [S.l.], v. 85, [s.n.], p. 104-107, may. 2017.

NASCIMENTO, M. T.; PROCTOR, J. Leaf herbivory on three tree species in monodominant and two other terra firme forests on Maracá island, Brazil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 31, n. 1, p. 27-38, mar. 2001.

NASCIMENTO, M. T.; PROCTOR, J. Seed attacks by beetles and leaf-cutter ants on *Peltogyne gracilipes* Ducke (Caesalpinaceae) on Maracá Island, Brazilian Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 12, n. 5, p. 723-727, sep. 1996.

NASCIMENTO, M. T.; VILLELA, D. M. As florestas de Roraima e o paradigma da monodominância de *Peltogyne*. In: BARBOSA, R. I.; MELO, V. F. (Org.). **Roraima: Homem, Ambiente e Ecologia**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 2010. p. 283-289.

NIMER, E. Climatologia da Região Norte. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 124-153, jan./dez. 1972.

OEHL, F. et al. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA FUNGOS**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 191-199, dez. 2011.

OKSANEN, J. et al. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2. 3-0, 2015. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=vegan>>. Acesso em: 4 nov. 2019.

PEÑA-VENEGAS, C. P. et al. Micorrizas arbusculares del sur de la Amazonia colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 327-336, jan./dez. 2007.

PEREIRA, C. M. R. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Atlantic forest areas under different land uses. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S.l.], v. 185, [s.n.], p. 245-252, mar. 2014.

PEREIRA, S. et al. Intense mycorrhizal root colonization in a human-modified landscape of the Caatinga dry forest. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 462, [s.n.], p. 117970, feb. 2020.

PEZZINI, et al. The Brazilian Program for Biodiversity Research (PPBio) Information System. **Biodiversity & Ecology**, Hamburg, v. 4, [s.n.], p. 265-273, jan./dez. 2012.

PONTES, J. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazil's Caatinga and experimental agroecosystems. **Biotropica**, [S.l.], v. 49, n. 3, p. 413-427, jan./dez. 2017.

PURIN, S.; KLAUBERG FILHO, O. Glomalina: nova abordagem para entendermos a biologia dos fungos micorrízicos arbusculares. In: SIQUEIRA, J. O.; DE SOUZA, F. A.; ELKE, J. B. N.; TSAI, S. (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 503–524.

QUESADA, C. A. et al. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. **Biogeosciences**, [S.l.], v. 7, n. 5, p. 1515-1541, maio. 2010.

R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. Versão 3.4, 2015. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

RAAB, P. A.; BRENNWALD, A.; REDECKER, D. Mitochondrial large ribosomal subunit sequences are homogeneous within isolates of *Glomus* (arbuscular mycorrhizal fungi, Glomeromycota). **Mycological Research**, [S.l.], v. 109, n. 12, p. 1315-1322, dez. 2005.

RAMOS, J. A. et al. Arbuscular mycorrhizal propagules in soils from a tropical Forest and an abandoned cornfield in Quintana Roo, Mexico: visual comparison of most-probable-number estimates. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 21, n. 2, p. 139-144, mar./abr. 2011.

REDECKER, D. et al. An evidencebased consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**, Berlin, v. 23, n. 7, p. 515-531, mar./abr. 2013.

ROBISON, D. M.; NORTCLIFF, S. Os solos da reserva de Maracá, Roraima: segunda aproximação. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 21, [s.n.], p. 409-424, jan./dez. 1991.

RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA, S. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi communities from tropical Africa reveal strong ecological structure. **New Phytologist**, Lancaster, v. 213, n. 1, p. 380-390, mar./ago. 2017.

ROESCH, L. F. W. et al. Pyrosequencing enumerates and contrasts soil microbial diversity. **The ISME journal**, [S.I.], v. 1, n. 4, p. 283-290, mar. 2007.

RUIZ-LOZANO, J. M. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. **Mycorrhiza**, Berlín, v. 13, n. 6, p. 309-317, may. 2003.

SCHÜßLER, A.; WALKER, C. The *Glomeromycota*. A species list with new families and new genera. **The Royal Botanic Garden Kew, Botanische Staatssammlung Munich, and Oregon State University**, Gloucester, 1 dez. 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/285775809\\_The\\_Glomeromycota](https://www.researchgate.net/publication/285775809_The_Glomeromycota)>. Acesso em: 2 ago. 2017.

SILVA, G.; SIQUEIRA, J.; STÜRMER, S. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos sob diferentes sistemas de uso na região do Alto Solimões na Amazônia. **Acta amazonica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 477-488, jan./dez. 2009.

SINGH, S. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of tea growing in 'natural' and 'cultivated' ecosites. **Biology and Fertility of Soils**, [S.I.], v. 44, n. 3, p. 491-500, fev. 2008.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**. 3. ed. London: Academic Press. 2008. 769 p.

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. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 72, n. 3, p. 359-363, jan./dez. 1994.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in western Brazilian Amazon. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 21, n. 4, p. 255-267, mar./abr. 2011.

STÜRMER S. L. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) communities in tropical savannas of Roraima, Brazil. **Mycological progress**, [S.I.], v. 17, n. 10, p. 1149-1159, jul. 2018.

STUTZ, J. C. MORTON, J. B. Successive pot cultures reveal high species richness of arbuscular endomycorrhizal fungi in arid ecosystems. **Canadian Journal of Botany**, [S.I.], v. 74, n. 12, p. 1883-1996, jul. 1996.

TCHABI, A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi communities in sub-Saharan savannas of Benin, West Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 18, n. 4, p.181-195, mar. 2008.

TEIXEIRA P, et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa Solos, 2017.

TER STEEGE, H. et al. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. **Science**, Washington, v. 342, n. 6156, p. 1243092, out. 2013.

THOMPSON, J. et al. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maraca Island, Roraima, Brazil. I. Physical environment, forest structure and leaf chemistry. **Journal of Ecology**, London, v. 80, n. 4, p. 689-703, dez. 1992.

TORTI, S. D.; COLEY, P. D. Tropical monodominance: a preliminar test of the ectomycorrhizal hypothesis. **Biotropica** 31: 220–228. 1999.

TORTI, S. D.; COLEY, P. D.; KURSAR, T. A. Causes and consequences of monodominance in tropical lowland forests. **American Naturalist**, Chicago, v. 157, n. 2, p. 141-153, ago./dez. 2001.

VAN AARLE, I. M.; OLSSON, P. A.; SÖDERSTRÖM, B. Arbuscular mycorrhizal fungi respond to the substrate pH of their extraradical mycelium by altered growth and root colonisation. **New Phytologist**, [S.l.], v. 155, n. 1, p. 173-182, jul. 2002.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; BARDGETT, R. D.; VAN STRAALEN, N. M. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. **Ecology letters**, [S.l.], v. 11, n. 3, p. 296-310, jan./dez. 2008.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; HORTON, T. R. Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems. **Journal of Ecology**, London, v. 97, n. 6, p. 1139-1150, dez. 2009.

VAN DER HEIJDEN, M. et al. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. **New phytologist**, [S.l.], v. 205, n. 4, p. 1406-1423, dez. 2015.

VAN DER HEYDE, M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungus responses to disturbance are context-dependent. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 17, n. 5, p. 1-10, jul. 2017.

VENDRAME, P. R. S. et al. Formas de ferro e alumínio e suas relações com textura, mineralogia e carbono orgânico em Latossolos do Cerrado. **Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Londrina, v. 32, n. 1, 1657-1666, jul. 2011.

VESTBERG, M. Occurrence of some Glomales in Finland. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 5, n. 5, p. 329-336, mar. 1995.

VILELA, L. A. F. et al. Arbuscular mycorrhizal fungus in microbial activity and aggregation of a Cerrado Oxisol in crop sequence. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 1, p. 34-42, Jan./Fev. 2014.

VILLELA, D. M.; PROCTOR, J. Litterfall mass, chemistry and nutrient retranslocation in a monodominant forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. **Biotropica**, [S.l.], v. 31, n. 2, p. 198-211, jan./dez. 1999.

WAGG, C. et al. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [S.I.], v. 111, n. 14, p. 5266-5270, abr. 2014.

WANG, G. M. Effect of pH on arbuscular mycorrhiza, I. Field observation on the long term liming experiment at Rothamsted and Woburn. **New Phytologist**, [S.I.], v. 124, n. 3, p. 465-472, jul. 1993.

WHITMORE, T.C. **An introduction to tropical rain forests**. New York: Clarendon Press-Oxford. 2005. 269 p.

ZANGARO, W. et al. Root colonization and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi in distinct successional stages from an Atlantic rainforest biome in southern Brazil. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 23, n. 3, p. 221-233, ago. 2013.

ZHANG, J., et al. Precipitation shapes communities of arbuscular mycorrhizal fungi in Tibetan alpine steppe. **Scientific reports**, [S.I.], v. 6, n. 1, p. 1-10, mar. 2016.

APÊNDICE A – Parâmetros físicos do solo analisados por época e tipos florestais

TRATAMENTO	EPOCA	REPETIÇÕES	Parâmetros físicos		
			Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)
FSP	SECO	R1	275	35	690
FSP	SECO	R2	132	38	830
FSP	SECO	R3	140	60	800
FSP	SECO	R4	122	28	850
FSP	SECO	R5	111	49	840
FSP	SECO	R1	46	4	950
FSP	SECO	R2	63	37	900
FSP	SECO	R3	107	83	810
FSP	SECO	R4	141	99	760
FSP	SECO	R5	123	107	770
FSP	SECO	R1	79	11	910
FSP	SECO	R2	51	9	940
FSP	SECO	R3	79	21	900
FSP	SECO	R4	69	41	890
FSP	SECO	R5	64	56	880
FPP	SECO	R1	157	103	740
FPP	SECO	R2	78	52	870
FPP	SECO	R3	132	58	810
FPP	SECO	R4	133	67	800
FPP	SECO	R5	53	7	940
FPP	SECO	R1	73	77	850
FPP	SECO	R2	189	251	560
FPP	SECO	R3	100	80	820
FPP	SECO	R4	167	113	720
FPP	SECO	R5	144	136	720
FPP	SECO	R1	118	82	800
FPP	SECO	R2	177	223	600
FPP	SECO	R3	88	52	860
FPP	SECO	R4	90	80	830
FPP	SECO	R5	98	52	850
FRP	SECO	R1	91	69	840
FRP	SECO	R2	83	47	870
FRP	SECO	R3	137	103	760
FRP	SECO	R4	115	55	830
FRP	SECO	R5	157	93	750
FRP	SECO	R1	125	65	810
FRP	SECO	R2	138	52	810
FRP	SECO	R3	126	54	820
FRP	SECO	R4	123	157	720
FRP	SECO	R5	139	51	810
FRP	SECO	R1	122	88	790
FRP	SECO	R2	108	82	810
FRP	SECO	R3	99	51	850
FRP	SECO	R4	107	63	830
FRP	SECO	R5	146	94	760
FSP	CHUV	R1	275	35	12
FSP	CHUV	R2	132	38	11
FSP	CHUV	R3	140	60	11
FSP	CHUV	R4	122	28	9
FSP	CHUV	R5	111	49	9

FSP	CHUV	R1	46	4	9
FSP	CHUV	R2	63	37	10
FSP	CHUV	R3	107	83	11
FSP	CHUV	R4	141	99	18
FSP	CHUV	R5	123	107	16
FSP	CHUV	R1	79	11	9
FSP	CHUV	R2	51	9	9
FSP	CHUV	R3	79	21	9
FSP	CHUV	R4	69	41	10
FSP	CHUV	R5	64	56	9
FPP	CHUV	R1	157	103	15
FPP	CHUV	R2	78	52	9
FPP	CHUV	R3	132	58	25
FPP	CHUV	R4	133	67	22
FPP	CHUV	R5	53	7	10
FPP	CHUV	R1	73	77	11
FPP	CHUV	R2	189	251	20
FPP	CHUV	R3	100	80	21
FPP	CHUV	R4	167	113	28
FPP	CHUV	R5	144	136	21
FPP	CHUV	R1	118	82	29
FPP	CHUV	R2	177	223	24
FPP	CHUV	R3	88	52	17
FPP	CHUV	R4	90	80	21
FPP	CHUV	R5	98	52	23
FRP	CHUV	R1	91	69	12
FRP	CHUV	R2	83	47	20
FRP	CHUV	R3	137	103	18
FRP	CHUV	R4	115	55	16
FRP	CHUV	R5	157	93	37
FRP	CHUV	R1	125	65	19
FRP	CHUV	R2	138	52	32
FRP	CHUV	R3	126	54	18
FRP	CHUV	R4	123	157	23
FRP	CHUV	R5	139	51	19
FRP	CHUV	R1	122	88	32
FRP	CHUV	R2	108	82	28
FRP	CHUV	R3	99	51	19
FRP	CHUV	R4	107	63	19
FRP	CHUV	R5	146	94	26

---

APÊNDICE B – Parâmetros químicos do solo analisados por época e tipos florestais

TRAT.	EPOCA	REP	Parâmetros químicos													
			pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
FSP	SECO	R1	4,7	7	2	39	2	2	31	4	11	0,7	18	0,35	9,5	0,12
FSP	SECO	R2	4,6	14	4	51	2	2	28	3	11	0,5	60	0,35	11,2	0,20
FSP	SECO	R3	4,6	16	7	62	3	2	28	2	11	0,6	48	0,35	10,3	0,37
FSP	SECO	R4	4,5	16	4	62	2	2	34	4	11	0,5	50	0,55	4,9	0,23
FSP	SECO	R5	4,4	14	4	62	2	2	34	4	11	0,5	40	0,45	5,3	0,16
FSP	SECO	R1	4,9	9	3	31	2	1	15	2	6	0,2	10	0,60	2,1	0,13
FSP	SECO	R2	5,1	11	4	39	2	2	18	2	3	0,3	13	0,45	2,9	0,14
FSP	SECO	R3	4,9	21	14	78	2	2	34	2	2	0,5	42	0,55	3,0	0,22
FSP	SECO	R4	4,6	37	3	78	2	2	38	4	7	0,6	86	0,60	2,0	0,23
FSP	SECO	R5	4,9	18	3	78	2	2	34	2	8	0,3	90	0,55	2,5	0,12
FSP	SECO	R1	4,9	11	4	59	2	1	25	3	7	0,5	36	0,35	3,1	0,12
FSP	SECO	R2	5,0	9	10	47	2	1	15	2	2	0,3	16	0,60	4,5	0,10
FSP	SECO	R3	5,1	11	2	51	2	2	22	2	2	0,3	18	0,25	5,1	0,25
FSP	SECO	R4	5,4	18	3	51	5	2	18	1	6	0,3	19	0,40	17,9	0,12
FSP	SECO	R5	5,1	14	3	59	2	2	20	2	4	0,3	19	0,55	7,5	0,16
FPP	SECO	R1	4,5	21	3	59	2	3	34	5	8	0,6	130	0,65	7,8	0,17
FPP	SECO	R2	5,1	11	2	39	2	2	18	2	2	0,4	34	0,40	4,5	0,14
FPP	SECO	R3	4,6	23	4	144	4	4	34	4	8	0,7	162	1,25	9,2	0,35
FPP	SECO	R4	4,6	27	4	82	2	2	38	5	8	0,7	92	0,70	6,1	0,23
FPP	SECO	R5	5,0	11	10	39	2	2	20	2	2	0,4	36	0,95	6,2	0,18
FPP	SECO	R1	5,1	18	8	59	4	3	25	2	2	0,2	40	0,60	4,2	0,17
FPP	SECO	R2	5,1	21	7	59	3	2	34	3	3	0,2	156	0,55	7,1	0,16
FPP	SECO	R3	5,1	21	5	62	2	3	28	3	7	0,3	98	0,45	5,5	0,12
FPP	SECO	R4	5,1	27	4	90	2	5	34	2	11	0,8	134	0,75	17,6	0,31
FPP	SECO	R5	5,1	21	3	62	1	3	28	2	7	0,6	186	1,25	6,5	0,12
FPP	SECO	R1	5,1	27	4	70	6	7	34	2	8	0,6	114	1,05	20,7	0,28
FPP	SECO	R2	5,1	21	4	70	4	5	31	2	3	0,5	112	1,00	17,6	0,12
FPP	SECO	R3	5,1	23	5	59	4	4	28	2	6	0,6	158	0,65	10,1	0,19
FPP	SECO	R4	5,0	41	4	62	3	5	34	3	6	0,5	126	0,90	6,4	0,36
FPP	SECO	R5	5,1	32	3	78	4	7	34	2	7	0,4	128	0,50	5,3	0,21
FRP	SECO	R1	4,9	21	6	51	3	3	34	3	5	0,3	134	0,50	3,8	0,28
FRP	SECO	R2	5,2	53	7	211	7	5	28	1	4	0,3	114	1,20	10,9	0,26
FRP	SECO	R3	5,0	23	5	59	4	3	34	2	6	0,3	130	1,00	7,2	0,27
FRP	SECO	R4	5,0	25	4	59	3	3	31	2	6	0,3	60	2,90	14,9	0,38
FRP	SECO	R5	5,0	46	5	109	3	7	47	3	6	0,5	196	2,85	7,8	0,26
FRP	SECO	R1	4,9	23	6	90	7	6	31	2	8	0,6	40	1,25	51,0	0,25
FRP	SECO	R2	5,0	32	11	148	9	7	34	2	7	0,5	78	0,75	36,0	0,31
FRP	SECO	R3	4,7	27	5	59	5	4	34	3	2	0,3	56	0,55	39,0	0,23
FRP	SECO	R4	4,8	25	5	82	5	9	38	4	12	0,7	40	0,55	74,0	0,30
FRP	SECO	R5	4,9	18	6	70	3	4	31	2	6	0,8	25	0,60	58,0	0,34
FRP	SECO	R1	5,0	34	7	70	5	8	34	3	3	0,5	152	0,85	20,4	0,33
FRP	SECO	R2	5,2	32	7	78	4	6	34	2	3	0,4	62	0,60	32,0	0,28
FRP	SECO	R3	5,1	25	7	70	3	6	34	2	2	0,3	102	1,70	17,9	0,30
FRP	SECO	R4	4,9	34	6	59	3	7	34	3	6	0,3	148	0,40	7,0	0,15
FRP	SECO	R5	4,8	39	6	47	2	3	72	8	2	0,4	106	0,65	3,2	0,25
FSP	CHUV	R1	4,7	7	4	23,4	2	1	34	5	7	0,9	30	0,60	8,3	0,12
FSP	CHUV	R2	4,3	7	6	31,2	4	2	25	2	5	0,5	46	0,55	12,0	0,30
FSP	CHUV	R3	4,2	7	7	23,4	3	3	25	3	4	0,6	52	0,50	13,3	0,29
FSP	CHUV	R4	4,1	5	7	23,4	3	2	25	2	4	0,4	44	0,50	5,6	0,26
FSP	CHUV	R5	4,4	5	7	23,4	3	2	20	2	7	0,4	21	0,45	6,1	0,27

FSP	CHUV	R1	4,4	5	5	23,4	2	1	16	2	5	0,3	11	0,45	2,7	0,26
FSP	CHUV	R2	4,5	5	4	31,2	2	1	18	2	3	0,3	10	0,45	2,7	0,35
FSP	CHUV	R3	4,3	7	3	46,8	3	1	28	3	6	0,4	38	0,45	2,9	0,23
FSP	CHUV	R4	4,0	14	6	46,8	3	2	42	5	6	0,6	86	0,60	2,8	0,25
FSP	CHUV	R5	4,5	11	7	46,8	3	2	34	3	6	0,5	96	0,50	5,6	0,32
FSP	CHUV	R1	4,3	5	5	31,2	3	1	20	1	5	0,5	48	0,35	6,6	0,42
FSP	CHUV	R2	4,4	5	5	23,4	3	1	15	2	4	0,2	15	0,45	5,3	0,33
FSP	CHUV	R3	4,4	5	5	31,2	3	1	18	1	3	0,3	18	0,45	5,8	0,31
FSP	CHUV	R4	4,9	5	5	31,2	7	3	18	0	5	0,2	15	0,45	15,3	0,32
FSP	CHUV	R5	4,2	5	4	23,4	3	1	20	2	6	0,3	17	0,40	5,2	0,43
FPP	CHUV	R1	4,2	11	7	31,2	3	2	38	4	6	0,7	152	0,60	5,3	0,39
FPP	CHUV	R2	4,4	5	5	23,4	3	2	18	2	6	0,4	43	0,25	3,9	0,36
FPP	CHUV	R3	4,2	21	6	46,8	4	3	47	3	4	0,5	162	0,85	10,7	0,42
FPP	CHUV	R4	4,3	18	6	58,5	4	3	38	3	6	0,6	58	0,50	7,4	0,41
FPP	CHUV	R5	5,3	5	6	39,0	3	2	18	1	4	0,3	32	0,70	7,2	0,48
FPP	CHUV	R1	5,5	5	6	23,4	5	2	16	1	5	0,2	40	0,45	3,1	0,46
FPP	CHUV	R2	5,5	14	6	39,0	4	2	28	2	5	0,6	382	0,70	9,4	0,29
FPP	CHUV	R3	5,4	16	7	46,8	4	3	28	2	6	0,5	274	0,75	14,2	0,39
FPP	CHUV	R4	5,4	23	7	58,5	4	6	34	2	6	1,4	472	0,90	46,0	0,54
FPP	CHUV	R5	5,0	16	5	50,7	4	4	31	2	6	0,9	440	1,00	15,9	0,32
FPP	CHUV	R1	5,9	23	8	50,7	13	7	28	0	3	1,0	424	1,45	57,0	0,54
FPP	CHUV	R2	5,5	18	5	78,0	7	5	28	0	6	0,4	230	1,00	27,4	0,43
FPP	CHUV	R3	5,8	11	8	39,0	7	4	25	0	4	0,7	268	0,60	14,0	0,34
FPP	CHUV	R4	5,4	16	6	58,5	3	3	34	2	6	0,8	324	0,65	7,0	0,46
FPP	CHUV	R5	5,3	18	6	62,4	5	7	34	2	4	0,5	282	0,40	6,9	0,47
FRP	CHUV	R1	4,8	7	6	39,0	5	3	28	2	5	0,4	130	0,45	4,8	0,34
FRP	CHUV	R2	5,7	14	8	39,0	11	4	25	0	6	0,4	172	0,90	15,3	0,57
FRP	CHUV	R3	4,4	14	5	39,0	4	3	42	4	8	0,4	212	1,15	9,5	0,30
FRP	CHUV	R4	4,8	11	5	58,5	4	3	34	2	6	0,5	84	3,15	22,2	0,30
FRP	CHUV	R5	5,0	32	5	78,0	7	7	52	3	7	0,7	242	2,50	14,2	0,57
FRP	CHUV	R1	4,9	14	5	50,7	10	6	34	1	7	0,5	32	1,05	53,0	0,40
FRP	CHUV	R2	4,7	27	8	70,2	11	6	47	1	7	0,4	54	0,75	48,0	0,44
FRP	CHUV	R3	4,3	14	7	46,8	5	4	34	2	6	0,4	40	0,55	88,0	0,38
FRP	CHUV	R4	5,0	18	10	70,2	5	8	42	3	6	0,7	90	0,70	61,0	0,47
FRP	CHUV	R5	4,8	14	7	50,7	6	4	38	2	7	0,8	35	0,90	74,0	0,36
FRP	CHUV	R1	5,4	27	10	50,7	6	7	42	2	6	0,6	368	0,95	55,0	0,42
FRP	CHUV	R2	4,9	23	8	58,5	8	7	47	2	8	0,4	58	1,05	37,0	0,55
FRP	CHUV	R3	5,4	14	8	50,7	5	8	38	1	6	0,3	242	1,65	30,2	0,47
FRP	CHUV	R4	5,3	14	8	50,7	5	8	42	2	6	0,4	284	0,75	16,3	0,58
FRP	CHUV	R5	4,5	21	7	46,8	4	4	98	6	7	0,4	190	0,70	6,2	0,53

APÊNDICE C – Número de indivíduos por espécies distribuídos por épocas e tipos florestais

TRAT.	EPOCA	REP	Espécies de FMA																	
			G1	G2	G3	G4	G5	Am	As	Ac	Ap	A1	A2	Gm	Gg1	Db	Dh	Ar	Sc1	Sc2
FSP	SECO	R1	8	3	0	0	6	0	0	0	1	2	3	17	0	34	0	11	16	4
FSP	SECO	R2	2	6	0	0	11	1	0	0	1	1	0	21	0	21	0	4	15	7
FSP	SECO	R3	12	7	0	0	4	0	0	0	1	4	0	20	0	5	0	1	12	1
FSP	SECO	R4	7	6	0	0	0	0	0	0	0	4	0	19	0	1	0	1	6	22
FSP	SECO	R5	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	0	0	3	2
FSP	SECO	R1	1	14	0	0	8	0	0	0	2	2	1	14	0	15	0	2	10	8
FSP	SECO	R2	13	4	0	0	3	0	0	0	5	2	2	9	0	18	0	0	10	4
FSP	SECO	R3	9	2	0	0	17	0	0	0	0	3	1	18	0	8	0	2	6	4
FSP	SECO	R4	7	9	0	0	4	0	0	0	0	1	1	20	0	7	0	0	12	0
FSP	SECO	R5	11	9	0	0	13	0	0	0	0	1	1	13	0	5	0	0	9	8
FSP	SECO	R1	10	2	0	0	20	0	0	0	1	5	0	6	0	11	0	3	15	22
FSP	SECO	R2	1	4	0	0	22	0	0	0	0	0	3	9	0	13	0	5	19	13
FSP	SECO	R3	1	9	0	0	15	0	0	0	1	1	0	38	0	20	0	1	20	9
FSP	SECO	R4	8	2	0	0	12	0	0	0	1	0	1	21	0	14	0	0	3	1
FSP	SECO	R5	13	1	0	0	2	0	0	0	1	1	0	8	0	3	0	0	4	8
FPP	SECO	R1	3	7	0	0	22	9	0	0	0	1	0	11	0	16	2	0	0	5
FPP	SECO	R2	14	4	0	0	6	1	0	0	0	1	0	11	0	4	8	0	7	15
FPP	SECO	R3	16	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10	0	5	10	1	4	13
FPP	SECO	R4	4	5	0	0	1	0	0	0	0	3	0	22	0	10	2	0	3	5
FPP	SECO	R5	6	2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	7	0	14	0	1	5	8
FPP	SECO	R1	9	5	0	0	3	7	0	0	0	16	0	18	0	15	15	7	4	2
FPP	SECO	R2	7	12	1	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	9	1	8	0
FPP	SECO	R3	7	6	0	0	2	0	0	5	0	0	0	0	0	14	1	1	2	6
FPP	SECO	R4	10	7	1	0	4	1	0	4	0	2	0	21	0	10	2	0	1	12
FPP	SECO	R5	6	9	0	0	18	2	0	0	0	0	0	10	0	0	4	1	1	9
FPP	SECO	R1	5	8	0	3	9	13	9	0	0	0	1	8	0	10	7	0	0	8
FPP	SECO	R2	3	6	0	0	15	2	4	0	0	0	1	20	0	4	7	0	1	6
FPP	SECO	R3	7	12	0	0	8	3	0	0	0	0	1	15	0	16	0	0	0	3
FPP	SECO	R4	5	4	0	1	3	3	0	0	0	0	1	0	0	22	3	0	0	11
FPP	SECO	R5	5	5	0	2	11	1	0	0	0	6	1	0	0	5	0	0	0	12
FRP	SECO	R1	25	6	15	5	0	9	22	7	9	3	6	14	3	33	20	0	1	7
FRP	SECO	R2	16	3	21	9	0	4	36	5	0	0	3	7	5	19	1	0	1	2
FRP	SECO	R3	27	5	23	10	39	4	4	5	0	1	7	2	12	20	1	0	0	3
FRP	SECO	R4	17	8	21	13	16	10	8	0	5	0	2	2	1	4	4	0	0	1
FRP	SECO	R5	14	1	18	2	22	8	4	0	5	0	0	10	1	7	0	0	0	14
FRP	SECO	R1	16	21	19	23	15	21	8	0	7	6	14	8	8	0	9	0	0	19
FRP	SECO	R2	22	8	36	15	14	20	12	0	4	1	0	9	1	0	4	0	0	22
FRP	SECO	R3	12	6	15	34	2	0	24	0	16	0	6	1	5	19	5	0	0	8
FRP	SECO	R4	8	4	9	24	0	4	9	0	2	0	10	10	4	14	0	0	0	7
FRP	SECO	R5	25	5	25	18	0	6	16	0	3	4	0	0	1	16	0	0	0	21
FRP	SECO	R1	17	1	33	17	24	8	40	0	6	8	4	19	7	8	10	0	0	9
FRP	SECO	R2	23	3	37	21	5	8	13	0	2	0	4	0	8	14	2	0	0	27
FRP	SECO	R3	31	14	7	30	8	1	14	0	9	0	9	0	9	16	3	0	0	31
FRP	SECO	R4	12	3	18	10	19	3	8	0	6	0	3	8	6	3	3	0	0	1
FRP	SECO	R5	14	5	30	18	2	16	8	0	5	0	4	0	5	3	2	0	0	1
FSP	CHUV	R1	15	2	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	10	12
FSP	CHUV	R2	1	5	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	12
FSP	CHUV	R3	8	6	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	9	4
FSP	CHUV	R4	12	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	6

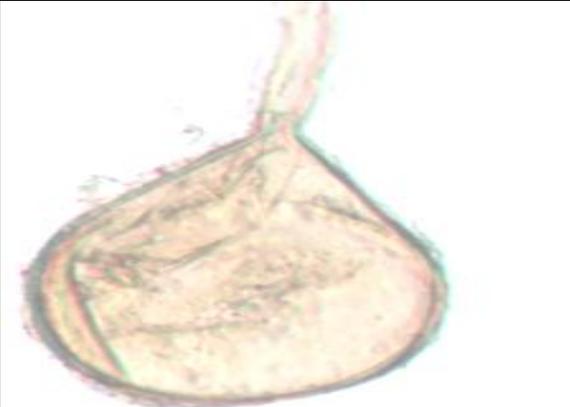
FSP	CHUV	R5	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	5
FSP	CHUV	R1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	7
FSP	CHUV	R2	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	8
FSP	CHUV	R3	10	5	3	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	19	5
FSP	CHUV	R4	14	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
FSP	CHUV	R5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1
FSP	CHUV	R1	9	3	13	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	16	0
FSP	CHUV	R2	7	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	1
FSP	CHUV	R3	4	2	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0
FSP	CHUV	R4	10	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	15
FSP	CHUV	R5	8	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
FPP	CHUV	R1	22	15	0	0	0	3	0	0	12	0	1	0	0	0	2	0	7
FPP	CHUV	R2	16	2	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
FPP	CHUV	R3	11	5	0	0	0	3	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	4
FPP	CHUV	R4	2	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	29
FPP	CHUV	R5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
FPP	CHUV	R1	4	1	24	0	0	6	0	0	17	7	2	0	0	0	5	0	11
FPP	CHUV	R2	7	2	6	0	0	2	0	0	17	5	2	0	0	0	5	0	13
FPP	CHUV	R3	6	1	8	0	0	1	0	0	8	3	2	0	0	0	0	0	4
FPP	CHUV	R4	18	4	6	0	0	3	0	0	3	0	2	0	0	0	4	0	0
FPP	CHUV	R5	24	0	4	0	0	1	0	0	12	1	2	0	0	0	6	0	1
FPP	CHUV	R1	9	6	18	0	0	0	0	0	6	0	1	0	3	0	12	0	8
FPP	CHUV	R2	9	2	15	0	0	1	1	0	12	0	0	0	0	0	3	0	11
FPP	CHUV	R3	12	1	6	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	1	0	20
FPP	CHUV	R4	14	1	9	0	0	0	0	0	4	0	1	0	5	0	1	0	0
FPP	CHUV	R5	11	5	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
FRP	CHUV	R1	19	10	9	0	0	8	8	0	0	0	1	0	27	0	6	0	2
FRP	CHUV	R2	17	8	10	0	0	9	10	0	0	0	4	0	5	0	6	0	4
FRP	CHUV	R3	18	7	6	0	0	3	4	0	0	0	2	0	8	0	9	0	0
FRP	CHUV	R4	11	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	23	0	1	0	3
FRP	CHUV	R5	14	2	3	0	0	1	3	0	0	0	1	0	31	0	1	0	1
FRP	CHUV	R1	14	8	5	0	0	7	19	0	1	0	6	0	10	0	3	0	15
FRP	CHUV	R2	12	2	6	0	0	2	9	0	3	2	1	0	18	0	3	0	3
FRP	CHUV	R3	14	1	2	0	0	4	10	0	2	0	3	0	31	0	4	0	12
FRP	CHUV	R4	19	0	8	0	0	3	4	0	0	0	1	0	8	0	3	0	1
FRP	CHUV	R5	5	1	4	0	0	1	2	0	3	2	0	0	5	0	2	0	1
FRP	CHUV	R1	8	8	14	0	0	4	10	0	10	5	0	0	20	0	3	0	10
FRP	CHUV	R2	6	11	2	0	0	9	11	0	0	1	0	0	15	0	15	0	8
FRP	CHUV	R3	12	3	9	0	0	3	8	0	0	6	6	0	31	0	2	0	2
FRP	CHUV	R4	15	1	3	0	0	4	5	0	1	0	5	0	36	0	0	0	1
FRP	CHUV	R5	2	5	12	0	0	4	2	0	0	0	5	0	0	0	2	0	12

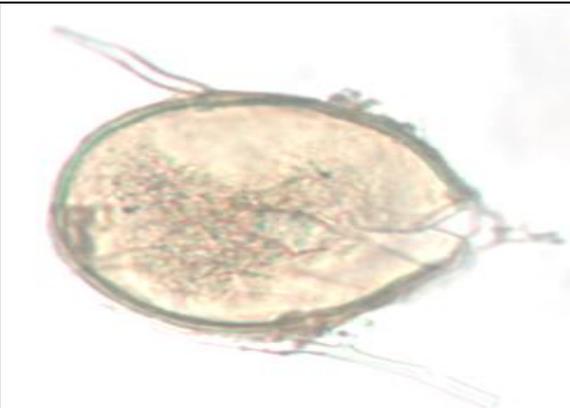
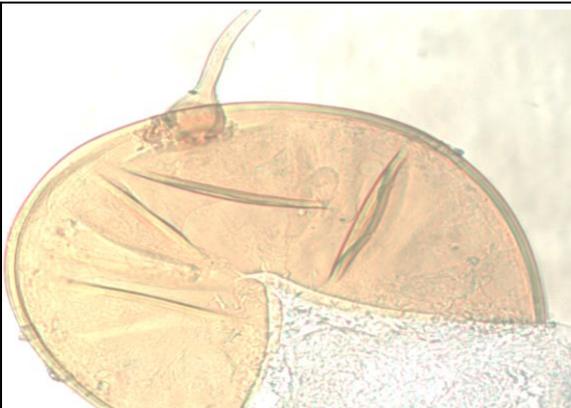
## Código de espécies de FMA:

G1: *Glomus* sp1G2: *Glomus* sp2G3: *Glomus* sp3G4: *Glomus* sp4G5: *Glomus* sp5Am: *Acaulospora mellea*As: *Acaulospora scrobiculata*Ac: *Acaulospora colombiana*Ap: *Acaulospora spinosa*A1: *Acaulospora* sp1A2: *Acaulospora* sp2Gm: *Gigaspora margarita*Gg1: *Gigaspora* sp1Db: *Dentiscutata biornata*Dh: *Dentiscutata heterogama*Ar: *Archaeospora trappei*Sc1: *Scutellospora* sp1Sc2: *Scutellospora* sp2

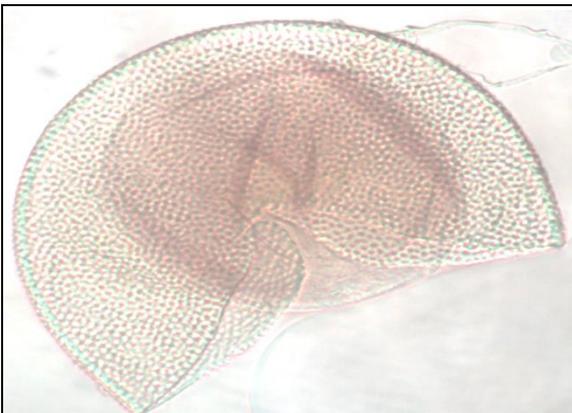
ANEXO A – Fotografias dos esporos de FMA, extraídos do campo e cultura armadilha em diferentes estações (seca e chuvosa) na presença/ausência de *P. gracilipes* na Ilha de Maracá, Roraima, Brasil.

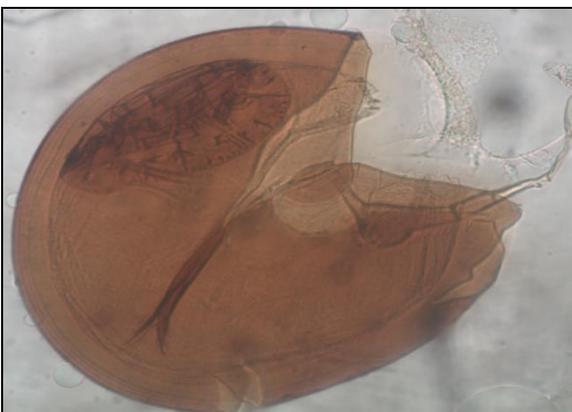
	
Espécie: <i>Glomus</i> sp1	Espécie: <i>Glomus</i> sp2
Tipo florestal: FRP	Tipo florestal: FPP
Estação: Chuvosa	Estação: Seca
Tipo de solo: Campo	Tipo de solo: Campo

	
Espécie: <i>Glomus</i> sp3	Espécie: <i>Glomus</i> sp4
Tipo florestal: FSP	Tipo florestal: FSP
Estação: Chuvosa	Estação: Seca
Tipo de solo: Armadilha	Tipo de solo: Campo

	
Espécie: <i>Glomus</i> sp5	Espécie: <i>Scutellospora</i> sp1
Tipo florestal: FRP	Tipo florestal: FSP
Estação: Seca	Estação: Chuvosa
Tipo de solo: Campo	Tipo de solo: Armadilha

	
Espécie: <i>Acaulospora colombiana</i>	Espécie: <i>Acaulospora mellea</i>
Tipo florestal: FRP	Tipo florestal: FPP
Estação: Seca	Estação: Chuvosa
Tipo de solo: Campo	Tipo de solo: Campo

	
Espécie: <i>Acaulospora scrobiculata</i>	Espécie: <i>Gigaspora margarita</i>
Tipo florestal: FSP	Tipo florestal: FPP
Estação: Chuvosa	Estação: Chuvosa
Tipo de solo: Armadilha	Tipo de solo: Armadilha

	
Espécie: <i>Dentiscutata biornata</i>	Espécie: <i>Dentiscutata heterogama</i>
Tipo florestal: FRP	Tipo florestal: FRP
Estação: Seca	Estação: Chuvosa
Tipo de solo: Campo	Tipo de solo: Campo

ANEXO B – Fotografias das amostras dos solos em profundidade de 0 – 1 metro, e valores de textura na Ilha de Maracá, Roraima, Brasil.



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L3 - 500	Argila (%)	94,3	188,4	268,9
	Silte (%)	77,8	105,5	101,8
	Areia (%)	827,9	706,2	629,2



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L3 - 500	Argila (%)	260,4	301	292,8
	Silte (%)	88	84,4	80,8
	Areia (%)	651,6	614,6	626,3



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L3 - 500	Argila (%)	269,6	288,7	263,6
	Silte (%)	75,3	73,8	74,3
	Areia (%)	655,1	637,6	662,2



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L3 - 1500	Argila (%)	73,1	83,1	91,6
	Silte (%)	83,7	101,1	101,1
	Areia (%)	843,2	815,7	807,2



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L3 - 1500	Argila (%)	61	115,7	115,1
	Silte (%)	142,1	103,2	81,6
	Areia (%)	796,9	781,2	803,3



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L3 - 1500	Argila (%)	135,7	150,1	156,4
	Silte (%)	92,6	96	96,7
	Areia (%)	771,7	753,9	746,9



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L3 - 2500	Argila (%)	65	78,2	90,7
	Silte (%)	62,5	73,6	99,7
	Areia (%)	872,4	848,2	809,5



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L3 - 2500	Argila (%)	89,7	105,3	128,8
	Silte (%)	99,7	103,8	122,8
	Areia (%)	810,5	790,9	748,4



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L3 - 2500	Argila (%)	168,4	163,5	180
	Silte (%)	90,7	91,8	88,2
	Areia (%)	740,9	744,7	731,8



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L3 - 3500	Argila (%)	100	121,4	115,9
	Silte (%)	78,9	96,3	98,8
	Areia (%)	821,1	782,2	785,3



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L3 - 3500	Argila (%)	136	156,5	41,1
	Silte (%)	104,4	94,8	204,6
	Areia (%)	759,6	748,6	754,3



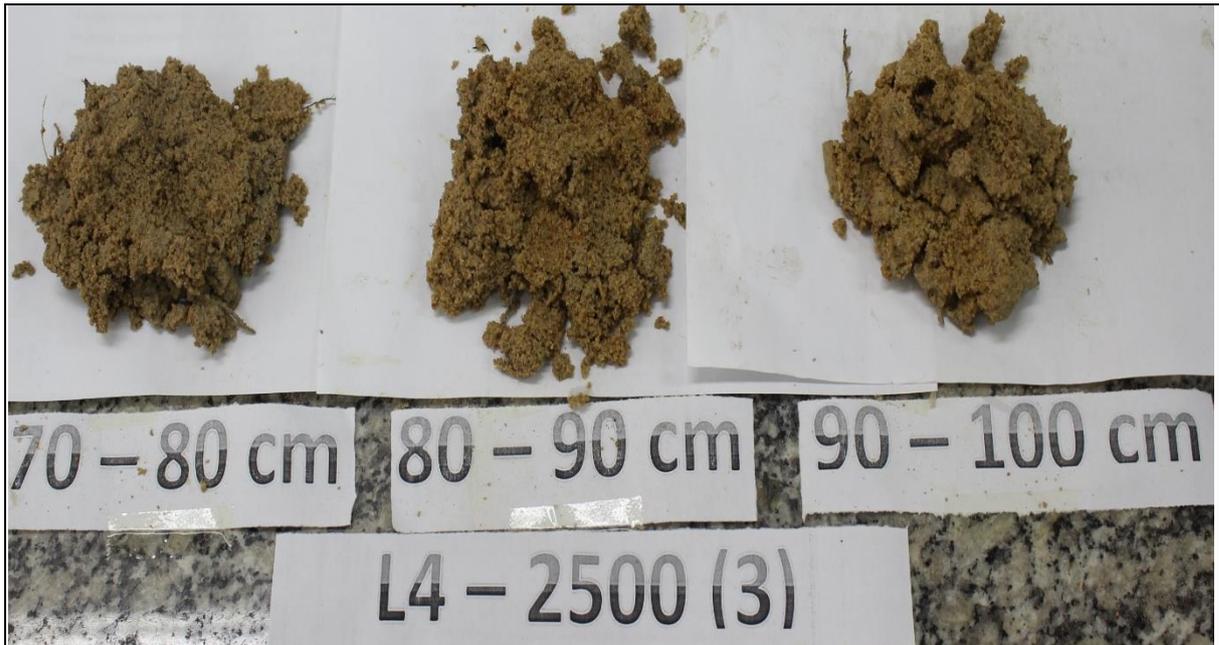
Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L3 - 3500	Argila (%)	179	209,3	246
	Silte (%)	75,2	65,7	53,7
	Areia (%)	745,7	724,9	700,3



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L4 - 2500	Argila (%)	73,3	84,7	95,6
	Silte (%)	106,4	137,3	133,7
	Areia (%)	820,4	778,1	770,7



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L4 - 2500	Argila (%)	101,2	92,3	88,2
	Silte (%)	125,7	114,8	105,7
	Areia (%)	773,2	792,9	806,1



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L4 - 2500	Argila (%)	83	62,1	77
	Silte (%)	109,6	51,1	67,5
	Areia (%)	807,3	886,8	855,4



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L4 - 3500	Argila (%)	69,3	71,2	80,6
	Silte (%)	81,3	82,7	77,1
	Areia (%)	849,4	846	842,3



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L4 - 3500	Argila (%)	71,7	57,6	48,1
	Silte (%)	75,7	64,1	75,1
	Areia (%)	852,6	878,3	876,8



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L4 - 3500	Argila (%)	42,5	65,6	132,6
	Silte (%)	64,1	77,7	77,8
	Areia (%)	893,4	856,7	789,6



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L5 - 3500	Argila (%)	110,4	103,3	119,4
	Silte (%)	104,4	99,8	102,8
	Areia (%)	785,3	796,9	777,8



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L5 - 3500	Argila (%)	149,5	186,1	242,1
	Silte (%)	100,3	245,2	80,8
	Areia (%)	750,1	568,7	677,1



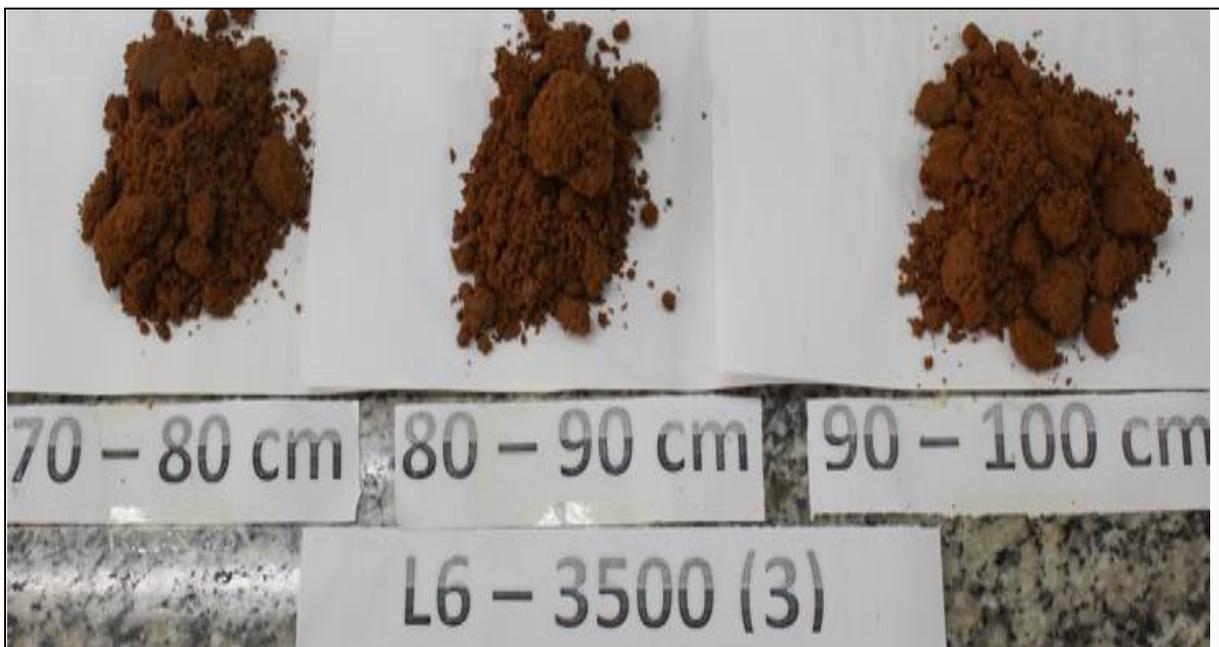
Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L5 - 3500	Argila (%)	301,9	315,4	302
	Silte (%)	83,6	81,6	85
	Areia (%)	614,5	603,1	613



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L6 - 3500	Argila (%)	109,8	168,8	229,8
	Silte (%)	78,2	93,4	100,5
	Areia (%)	811,9	737,8	669,7



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L6 - 3500	Argila (%)	286,3	353,5	388,5
	Silte (%)	86,6	85,6	72,1
	Areia (%)	627,1	561	539,4



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L6 - 3500	Argila (%)	343,9	303,3	385
	Silte (%)	72	80,5	77,1
	Areia (%)	584,1	589,2	537,9



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		0 - 20	20 - 30	30 - 40
L6 - 4500	Argila (%)	58,6	83,7	76,1
	Silte (%)	69,1	80,7	74,6
	Areia (%)	872,4	835,6	849,3



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		40 - 50	50 - 60	60 - 70
L6 - 4500	Argila (%)	77,1	81,6	129
	Silte (%)	95,1	92,6	80,3
	Areia (%)	827,8	825,8	790,7



Parcela	Textura	Profundidade (cm)		
		70 - 80	80 - 90	90 - 100
L6 - 4500	Argila (%)	85,1	225,6	293
	Silte (%)	102,2	72,5	113,9
	Areia (%)	812,7	701,9	593,1

ANEXO C – Comprovante de submissão de artigo na Revista Mycorrhiza (Qualis CAPES A2).

5/7/2020 Correo de Universidad Técnica Estatal de Quevedo - MCOR-D-20-00128 - Submission Confirmation for Seasonal variation of arbusc...



OSCAR OSWALDO PRIETO BENAVIDES <oprieto@uteq.edu.ec>

---

**MCOR-D-20-00128 - Submission Confirmation for Seasonal variation of arbuscular mycorrhizal fungi in ecotone forests of the northern region of Brazilian Amazonia**

---

Editorial Office <em@editorialmanager.com>

1 de julio de 2020, 22:14

Responder a: Editorial Office <madelyn.marciano@springer.com>

Para: OSCAR OSWALDO PRIETO BENAVIDES <oprieto@uteq.edu.ec>

Dear MSc PRIETO BENAVIDES,

Your submission entitled "Seasonal variation of arbuscular mycorrhizal fungi in ecotone forests of the northern region of Brazilian Amazonia" has been received by journal Mycorrhiza

The submission id is: MCOR-D-20-00128

Please refer to this number in any future correspondence.

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to Editorial Manager as an author. The URL is <https://www.editorialmanager.com/mcor/>.

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Alternatively, please call us at 001-630-468-7784 (outside the US)/(630)-468-7784 (within the US) anytime from Monday to Friday.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Editorial Office  
Mycorrhiza