



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

IOHANNA EVELLYN ALADINO DE ANDRADE MOURA FERREIRA

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES COMO INDICADORES
BIOLÓGICOS DA SAÚDE DO SOLO DE UM AGROECOSSISTEMA NO AGRESTE
PARAIBANO**

**CAMPINA GRANDE – PB
2023**

IOHANNA EVELLYN ALADINO DE ANDRADE MOURA FERREIRA

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES COMO INDICADORES
BIOLÓGICOS DA SAÚDE DO SOLO DE UM AGROECOSSISTEMA NO AGRESTE
PARAIBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação do Curso de Biologia da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Microbiologia do solo.

Orientador: Prof. Dr. Simão Lindoso de Souza

**CAMPINA GRANDE – PB
2023**

M929f Moura, Iohanna Evelyln Aladino de Andrade.
Fungos micorrízicos arbusculares como indicadores biológicos da saúde do solo em um agroecossistema no agreste paraibano [manuscrito] / Iohanna Evelyln Aladino de Andrade Moura. - 2023.
22 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2023.

"Orientação : Prof. Dr. Simão Lindoso de Souza ,
Coordenação de Curso de Biologia - CCBS. "

1. Micorriza. 2. Agroecossistema. 3. Bioindicadores. I.

Título

21. ed. CDD 571.2

IOHANNA EVELLYN ALADINO DE ANDRADE MOURA FERREIRA

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES COMO INDICADORES
BIOLÓGICA DA SAÚDE DO SOLO DE UM AGROECOSSISTEMA NO AGRESTE
PARAIBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação do Curso de Biologia da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

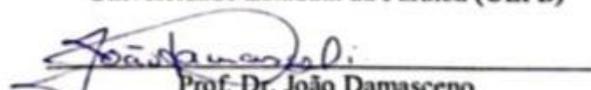
Área de concentração: Microbiologia do solo.

BANCA EXAMINADORA

APROVADA EM: 06/03/2023



Prof. Dr. Simão Lindoso de Souza (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. João Damasceno
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Márcia Adelino da Silva Dias
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
2.1	Importância de Agroecossistemas Sustentáveis no Agreste.....	6
2.2	Importância da Saúde do Solo.....	7
2.3	FMA's como Bioindicadores.....	7
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1	Caracterização do Agroecossistema.....	9
3.2	Descrição da Coleta do Solo.....	10
3.3	Análises dos Atributos Químicos e Físicos.....	11
3.4	Análises do Bioindicador Micorriza Arbuscular.....	11
3.4.1	Extração e contagem de esporos de FMA's.....	11
3.4.2	Coleta de amostras de raízes.....	11
3.4.3	Clarificação e coloração das raízes.....	11
3.4.4	Quantificação da Colonização Micorrízica.....	11
3.5	Análise de Dados.....	12
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5	CONCLUSÃO.....	18
	REFERÊNCIAS.....	19

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES COMO INDICADOR BIOLÓGICO DA SAÚDE DO SOLO DE UM AGROECOSSISTEMA NO AGRESTE PARAIBANO

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AS A BIOLOGICAL INDICATORS OF THE SOIL HEALTH OF AN AGROECOSYSTEM IN THE AGREST OF PARAIBA

Iohanna Evellyn A. de A. M. Ferreira¹

RESUMO

Dentro de agroecossistemas é possível encontrar uma variedade de subparcelas, que podem diferir não só em cultivos, mas também nas próprias características físicas, químicas e biológicas do solo. Investigar a variação dessas características dentro de uma mesma propriedade é de suma importância para verificar a sustentabilidade, estabilidade e resiliência em cada subparcela, objetivando uma melhor elucidação qualitativa da complexidade que o agricultor/a encontra em campo, visando melhorias de manejo. O objetivo deste trabalho foi analisar de forma qualitativa a sustentabilidade de um agroecossistema, utilizando FMAs como bioindicadores da saúde do solo em 5 subparcelas de cultivo, em uma propriedade de agricultura familiar na zona rural de Alagoa Nova, região do Agreste, zona de transição inserida entre o Sertão Nordestino e a Zona da Mata. No período seco de 2022 foram coletadas amostras de solos para análises químicas, físicas e de ocorrências de FMAs como indicador biológico. Foram contabilizados 1.443 esporos e identificados 55 diferentes morfotipos de FMA nas amostras de solo das 5 áreas do agroecossistema analisado. Dentro de um mesmo agroecossistema foi possível constatar diferentes composições nos atributos químicos e físicos que influenciam direta e indiretamente as comunidades de FMAs. A diversidade morfológica de esporos de FMAs encontrada neste trabalho indica que estes fungos apresentam potencial uso como indicadores biológicos da saúde do solo e do agroecossistema.

Palavras-chave: micorriza; bioindicadores; agroecossistema.

ABSTRACT

Within agroecosystems it is possible to find a variety of subplots, which may differ not only in crops, but also in the physical, chemical and biological characteristics of the soil. Investigating the variation of these characteristics within the same property is of paramount importance to verify the sustainability, stability and resilience in each subplot, aiming at a better qualitative elucidation of the complexity that the farmer encounters in the field, aiming at improving management. The objective of this work was to qualitatively analyze the sustainability of an agroecosystem, using AMFs as bioindicators of soil health in 5 subplots of cultivation, in a family farming property in the rural area of Alagoa Nova, Agreste region, transition zone inserted between the Northeastern Sertão and the Zona da Mata. In the dry period of 2022, soil samples were collected for chemical, physical and occurrence analysis of

¹Aluna de Graduação em Ciências Biológicas na Universidade Estadual da Paraíba – *Campus I*.
Email: iohanna.moura@aluno.uepb.edu.br

AMFs as a biological indicator. A total of 1,443 spores were counted and 55 different morphotypes were identified in soil samples from the 5 areas of the analyzed agroecosystem. Within the same agroecosystem, it was possible to verify different compositions in the chemical and physical attributes that directly and indirectly influence the AMF communities. The morphotypic diversity of AMF spores found in this work indicates that these fungi have potential use as biological indicators of soil and agroecosystem health.

Keywords: mycorrhiza; bioindicators; agroecosystem.

1 INTRODUÇÃO

Diante das adversidades ambientais causadas pela agricultura convencional, o manejo sustentável do solo baseado nos princípios da Agroecologia traz expectativas positivas para as próximas décadas no que diz respeito a resiliência de sistemas de produção de alimentos (ALTIERI e NICHOLLS, 2000). Mais que isso, permite que os pequenos agricultores usem os seus recursos naturais de forma sustentável, respeitando as particularidades do seu ambiente e minimizando os efeitos de degradação para as futuras gerações, priorizando a conservação da biodiversidade como um todo (CARPORAL, 2009).

Embora o conhecimento empírico e prático de quem trabalha e vive no campo seja extremamente importante, há uma necessidade também de estudos científicos que avaliem de forma qualitativa as características químicas, físicas e biológicas do solo, para corroborar com as percepções de produção e sustentabilidade dos agroecossistemas. Aliar os dados obtidos em laboratório com o saber empírico dos agricultores permite uma análise mais robusta acerca da sustentabilidade dos sistemas.

Muitos autores destacam a importância de estudos acadêmicos acerca da sustentabilidade desses agroecossistemas, avaliando a qualidade do solo e seu potencial em promover maiores ciclagens de nutrientes, aumentar sua capacidade de resiliência e resistência, além de melhorar sua capacidade física e interações com os microrganismos ali presentes (AGUIAR et al., 2014; FIALHO et al., 2013; SILVA et al., 2011).

Os microrganismos do solo têm um papel crucial na compreensão da capacidade de resiliência do solo, já que diferente das características químicas e físicas, estes são mais sensíveis em curto prazo à variações de manejo, clima e culturas, sendo utilizados inclusive como bioindicadores. Dentre os microrganismos usados como bioindicadores, destacam-se os Fungos Micorrízicos arbusculares (FMAs), já que estão presentes em todos os ambientes e fazem associação simbiótica com cerca de 90% das plantas terrestres (SIQUEIRA et al, 2010).

Dentro de agroecossistemas é possível encontrar uma variedade de subparcelas, que podem diferir não só em cultivos, mas também nas próprias características físicas, químicas e biológicas do solo. Investigar a variação dessas características dentro de uma mesma propriedade é de suma importância para verificar a sustentabilidade, estabilidade e resiliência em cada subparcela, objetivando uma melhor elucidação qualitativa da complexidade que o agricultor encontra em campo, visando melhorias de manejo.

Diante do exposto, o presente trabalho analisou de forma qualitativa a sustentabilidade de um agroecossistema, utilizando FMAs como bioindicadores da qualidade do solo em 5 subparcelas de cultivo, em uma propriedade de agricultura familiar na zona rural de Alagoa Nova, região inserida em zona de transição dentro do Semiárido paraibano.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Importância de agroecossistemas sustentáveis no Agreste

Uma das preocupações relacionadas com as mudanças climáticas é a aceleração dos processos de degradação ambiental, em grande parte acarretada pelo uso inadequado do solo e água na agricultura convencional. Desde a revolução verde, os manejos aplicados em sistemas de cultivos tornaram-se cada vez mais artificializados, causando degradação ambiental e a dependência econômica de produtores agrícolas, além de desvalorizar cultivares ancestrais e a agricultura familiar local (PRIMAVESI, 2016).

A degradação ambiental provocada pelo setor agrícola convencional é uma realidade já presente no Semiárido brasileiro e não apenas em estados produtores inseridos em regiões consideradas ideais para cultivos. Tabarelli et al (2018) afirmam que, no bioma Caatinga, o uso intenso de recursos naturais leva à degradação e à pobreza podendo se intensificarem com a mudança climática. Os autores também alertam para a necessidade de conciliar populações humanas, biodiversidade, serviços ecossistêmicos e adaptação climática através do desenvolvimento sustentável, sendo um imperativo urgente e pressupõe formas de repensar a região.

Como uma alternativa de desenvolvimento sustentável em sistemas de cultivos, a Agroecologia surge como ciência, prática e/ou movimento sociocultural, objetivando uma reorganização da agricultura, baseada em princípios ambientais e de sentido social (ALTIERI, 2004). A prática Agroecológica busca não somente a produção para fins lucrativos, mas também a sustentabilidade ecológica dos sistemas de produção, respeitando a complexidade dos ambientes e desenvolvendo práticas de manejo que respeitem e integrem essa complexidade, trazendo qualidade socioeconômica para os agricultores familiares (CARPORAL, 2009).

Embora a Agroecologia tenha uma metodologia para aplicação universal, é fundamental a realização de estudos agroecológicos nos mais diversos agroecossistemas do Semiárido brasileiro, já que por possuir características particulares e bastante diversas dentro de uma mesma região, agricultores familiares muitas vezes precisam adotar mecanismos diferentes para ali persistirem ao longo de décadas ou gerações (SANTOS, 2014). Esses mecanismos adaptativos de manejos podem incluir controle de pragas, cercas vivas, tipos de adubos, tipo de vegetação para alimentação animal, entre outros (CAVALCANTE et al., 1996).

Para Gonçalves et al (2016), agricultores familiares do Agreste que manejam seus sistemas de produção a partir de fundamentos agroecológicos possuem maior resiliência para viver em ambientes que frequentemente passam por longos períodos de seca. Além disso, aumentam sua percepção no que diz respeito a capacidade de lidar com distúrbios climáticos. Apesar da marcante característica de escassez hídrica por longos períodos, o semiárido nordestino pode ser bastante heterogêneo em relação ao índice de precipitação pluviométrica. Em mesorregiões de planície, como por exemplo no Agreste, a ocorrência de chuvas ocorre também de forma irregular, com precipitações intensas em curtos períodos.

Devido a essa irregularidade de chuvas ocorrendo em poucos meses do ano, muitos agricultores agroecológicos desenvolveram estratégias para lidar com essas adversidades ambientais, como por exemplo estratégias de cultivos e o armazenamento de água para determinadas culturas ao longo do ano. Tais estratégias corroboram com as afirmações de Primavesi (1994), que em agroecossistemas sustentáveis os cultivos são adaptados ao solo e não o solo adaptado aos cultivos, como acontece na produção convencional.

Dentro da agroecologia podemos encontrar o conceito de agroecossistemas sustentáveis são aqueles capazes de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer

a biodiversidade de espécies e disponibilidade dos recursos naturais, usando o mínimo de insumos externos, promovendo a ciclagem de nutrientes com o aumento da matéria orgânica, além de aumentar a diversidade e as populações de microrganismos do solo, dentre eles, os FMAs. (REIS et al., 2017).

2.2 Importância da Saúde do solo

Como defende Primavesi (2016), cada tipo de agricultura é uma agressão ao meio ambiente, mas esta pode ser mínima ou catastrófica e a base para uma agricultura natural é o manejo do solo. Este, quando degradado, pode comprometer as diversas formas de vida terrestre. A autora também menciona a importância de um solo equilibrado na saúde de plantas e organismos heterótrofos, entre eles, nós seres humanos. Para Primavesi (2016), quando um solo está doente ou desequilibrado, as plantas serão mais suscetíveis a doenças e pragas por serem menos nutridas, gerando um desequilíbrio nutricional na saúde de animais e de humanos que delas se alimentam.

Quando pensamos nos atributos ideais para um solo equilibrado, encontramos na literatura termos como qualidade ou saúde do solo. Embora esses conceitos estejam dentro de uma mesma perspectiva, podem também indicar visões diferentes acerca da sua importância na funcionabilidade dos ecossistemas. O termo qualidade é constantemente associado a capacidade produtiva do solo, com o objetivo de suprir apenas as necessidades humanas.

Em contrapartida, o termo saúde do solo é utilizado dentro dos princípios agroecológicos, considerando o solo como um sistema vivo que influencia nos mais diversos ecossistemas, promovendo a sustentabilidade biológica, preservando a qualidade dos fatores abióticos e, conseqüentemente permitindo que plantas e animais tenham um desenvolvimento saudável (DORAN; PARKIN, 1994 apud SILVA et al., 2022, p. 6).

Mesmo sendo considerado um recurso natural não-renovável devido a suas baixas taxas de renovação, o solo ainda é manejado de forma irresponsável, seja por contaminação de agrotóxicos, uso de fertilizantes químicos, revolvimento do solo, queimadas, criação intensiva de animais que causam a compactação do solo, entre outras práticas danosas. As conseqüências de tais práticas são ainda mais agravadas no semiárido nordestino, até mesmo nas mesorregiões do Agreste que possuem um índice pluviométrico mais elevado durante alguns meses do ano (CAVALCANTE et al., 1996).

Ainda que o equilíbrio dos atributos químicos e físicos do solo sejam essenciais para o desenvolvimento vegetal, alguns nutrientes quando em teores abaixo do aceitável podem limitar o seu crescimento, sobretudo em espécies cultivadas. De modo geral, solos do semiárido apresentam similaridades na sua fertilidade química, como baixo teor de matéria orgânica (MO), baixo teor de carbono orgânico total (COT) e baixo teor de fósforo (P) (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Este último é considerado um macroelemento vital para o metabolismo vegetal, por fornecer a energia necessária para os processos fotossintéticos.

Além da disponibilidade em baixas concentrações, o fósforo possui pouca mobilidade no solo, dificultando uma maior absorção deste nutriente pelas raízes vegetais (SIQUEIRA, et al., 2006). Uma alternativa à essas adversidades são as associações simbióticas entre plantas e microrganismos do solo, que a partir de diferentes mecanismos permitem uma maior absorção de nutrientes, especialmente o P, bem como uma maior absorção de água. Essas estratégias de associação simbiótica ocorrem na maioria das plantas terrestres, trazendo benefício para o crescimento vegetal e são comuns com diferentes microrganismos presentes no solo, como bactérias fixadoras de Nitrogênio e fungos micorrízicos.

2.3 FMAs como bioindicadores

Dentre os microrganismos importantes na saúde do solo, destacam-se os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), pertencentes ao filo Glomeromycota e encontrados na maioria dos ecossistemas, são simbioses obrigatórios e proporcionam à planta hospedeira uma melhor resposta de absorção e resiliência à estresses bióticos e abióticos (Smith & Read, 2008). Essa associação pode ser encontrada na maioria das plantas vasculares terrestres, ocorrendo, em geral, de forma facultativa para o vegetal (BERBARA et al, 2006).

De forma geral, a simbiose inicia quando há a germinação de esporos viáveis na superfície da raiz, formando uma hifa extra radicular e com presença de uma estrutura de penetração classificada como apressório. Posteriormente, a ação enzimática e mecânica do apressório penetra o tecido radicular inter e intracelularmente, permitindo a colonização micorrízica (OLIVEIRA, 2019).

Embora possamos encontrar outros grupos de micorrizas, como as ectomicorrizas, as micorrizas arbusculares são caracterizadas pela presença de arbúsculos na raiz da planta hospedeira que, do ponto de vista fisiológico, são estruturas intermediárias que permitem a troca de metabólitos entre os simbioses. Nessa associação, a planta por meio dos seus fotoassimilados, supre o fungo com energia necessária para seu crescimento e manutenção, enquanto o fungo promove um estímulo ao crescimento vegetal, aumentando a área de absorção radicular de água e nutrientes (SOUZA et al., 2010).

Segundo Marschner & Dell (1994), a hifa externa do fungo pode fornecer 80% do fósforo, 25% do nitrogênio, 10% do potássio, 25% do zinco e 60% do cobre. A colonização micorrízica também pode proteger as plantas contra patógenos e excesso de metais pesados, diminuindo o efeito negativo dos mesmos (SIQUEIRA et. al., 1999).

Para Faria (1989) essa simbiose também possui grande importância biológica na nodulação de bactérias fixadoras de nitrogênio em leguminosas, principalmente em solos com deficiência de nitrogênio e fósforo. Ainda segundo o autor, a interação positiva entre os FMAs e as bactérias fixadoras de nitrogênio ajudam na nutrição equilibrada do vegetal.

Diferente das bactérias fixadoras de nitrogênio, que são comercializadas biotecnologicamente como inóculos, a micorriza arbuscular, embora apresente grande potencial de inóculo, o seu uso biotecnológico pode ser dificultado devido o seu alto custo, tendo em vista que esta simbiose é obrigatória para o FMAs. Em contrapartida, o seu uso como bioindicadores é destacado por muitos autores, já que esta simbiose pode ser encontrada na maioria dos ambientes terrestres, além da sua sensibilidade à certas variações ambientais a curto prazo.

Essa associação micorrízica é ainda mais importante em mesorregiões como o Agreste, visto que as hifas desempenham um papel fundamental na eficiência de absorção de água durante o período de escassez hídrica, propiciando também uma melhor nutrição mesmo em solos de baixa fertilidade. Muitos autores como Gonçalves et al (2019) corroboram a funcionalidade dos FMAs como bioindicadores da saúde do solo.

Sabe-se que o manejo de cultivos pode atuar de forma direta e indireta sobre a saúde do solo e, os FMAs comportam-se como bioindicadores sensíveis a determinados manejos. Esse é um dos motivos pelo qual essa simbiose vem sendo frequentemente utilizada como modelo representativo de sistema ecológico da biota do solo e das comunidades em geral (CARUSO et al., 2012 apud PEREIRA et al., 2015, p.1).

Em ecossistemas naturais e estáveis, as taxas de esporulação das micorrizas arbusculares são baixas. Todavia, em épocas de estresse hídrico ou em ambientes perturbados, principalmente em sistemas de cultivos com manejos que fogem das condições semelhantes àquelas encontradas em ecossistemas naturais verifica-se uma maior densidade de esporos de FMAs. Manejos que promovem o revolvimento e aragem do solo, diminuição da matéria orgânica, uso de produtos químicos, queimadas e outras práticas causam desequilíbrio na

estrutura do solo são fatores que estimulam uma maior taxa de esporulação micorrízica (MAIA et al., 2009).

Estudos anteriores mostraram que a densidade de esporos de FMAs e a taxa de colonizações micorrízicas nas plantas por arbúsculos e hifas podem ser indicadores da intensidade do uso de sistemas de cultivo no Semiárido. Além disso, também foi observado que a sazonalidade influencia a densidade esporos durante o período úmido, uma vez que a umidade elevada favorece o desenvolvimento de hiperparasitas de esporos de FMAs (MAIA et al., 2009). Como mencionado anteriormente, a mesorregião do Agreste apresenta intensas chuvas irregulares durante alguns meses do ano, o que pode interferir estudos sobre a densidade de esporos nessas áreas.

Diante deste cenário, bem como da intensificação dos longos períodos de seca no Semiárido, estudos do comportamento da micorriza arbuscular no período de estresse hídrico tem grandes potenciais para a sustentabilidade de propriedades de agricultura familiar na mesorregião do Agreste paraibano. FMAs como bioindicadores ajudam a elucidar não só a funcionalidade simbiótica dentro de uma mesma propriedade, mas também a estabilidade e a sustentabilidade de diferentes subparcelas dentro de um agroecossistema familiar que se baseia em manejos agroecológicos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização do Agroecossistema

O estudo foi realizado em um Agroecossistema de agricultura familiar de produção agroecológica situado na zona rural do município de Alagoa Nova, na sub-região do Agreste paraibano, zona de transição inserida entre o Sertão Nordestino e a Zona da Mata, conforme as coordenadas $7^{\circ}6'0''S$ e $35^{\circ}46'5''W$; $7^{\circ}6'7''S$ e $35^{\circ}46'19''W$ (figura1). O clima do Agreste paraibano é classificado em zona tropical com verão seco e precipitação anual média de entre 800 mm, temperaturas médias anuais entre 22 e 24 °C e relevo forte ondulado, com declividade variando em 20 a 45% (MENEZES et al., 2008).

A propriedade de agricultura familiar em questão foi selecionada para este estudo pelo fato dos agricultores, Railton e Cristina, estarem inseridos na Feira agroecológica da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), *Campus I*. Além disso, dentre os agricultores que participam da Feira, o Agroecossistema de Railton e Cristina é o que possui uma maior diversidade de cultivo com subparcelas bem estabelecidas.

Figura 1: Mapa geográfico do Agroecossistema Sítio Cutias, Alagoa Nova, PB.



Fonte: AESA/IBGE/CAR, 2019. Compositor: DAMASCENO, J. 2023.

A área que compõe o Agroecossistema em questão, possui variações como altitude, características do solo (cor, composição, profundidade, entre outros), relevo, sistema de cultivo e rotação de culturas, o que acaba diferindo também nas práticas de manejo dentro da mesma propriedade. Diante dessas particularidades, para o presente estudo, foram consideradas 5 áreas ou subparcelas dentro do mesmo agroecossistema familiar (figura 1).

3.2 Descrição da coleta do solo

No dia 01 de outubro de 2022, período seco, em cada uma das 5 áreas do agroecossistema foram coletadas, de forma aleatória, duas amostras simples e misturadas, a fim de se ter uma amostra composta de solo de cada área (subparcela) a ser analisada.

Em cada uma das áreas, as amostras foram coletadas a uma profundidade entre 0 e 20cm e identificadas. Após a coleta as amostras foram secas à sombra e peneiradas para as devidas análises. Foi realizada a anotação das características observadas nas áreas de coleta, bem como as informações complementares fornecidas pelos agricultores, conforme o quadro 1.

Quadro 1:: Características das subparcelas observadas no momento da coleta de amostras de solo do agroecossistema, Alagoa Nova, PB. *Adubo da terra são palavras da agricultora por considerar esta área como naturalmente fértil.

Subparcela	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Diversidade de Cultivos	Banana pacovan; banana prata; jaboticaba, manga;	Variedade de laranjas: comum, cravo, mimo do céu, pokan;	Batata doce; Limão; cana de açúcar; capim; carioca preto e mulatinho	Macaxeira; cará; manga; jaca; Ingá nativo	Limão, caju; Jaca; coco; manga;
Adubação	Adubação com esterco esporadicamente;	Adubação verde	Esterco/*adubo da terra	Esterco	Sem adubação
Rotação e Consórcio ao longo de um ano	Cultivo em consórcio; Sem rotatividade	Cultivos em consórcio; Sem rotatividade	Cultivos em consórcio; com rotatividade	Consórcio sem rotatividade	Consórcio e pouca rotatividade de espécies cultivadas
Elevação da Área	Intermediária	Superior	Baixa	Baixa	Baixa
Características Visíveis do solo	Solo escuro e profundo	Solo com concreção e pedras;	Solo seco; arenoso	Solo seco	Vazante de barreira, terra molhada e solo profundo
Produtividade	Alta	Alta	Intermediária	Intermediária	Alta

Fonte: Produzida pelo autor com base nas informações fornecidas pelos agricultores, 2023.

3.3 Análises dos atributos químicos e físicos

Para determinar os atributos químicos e físicos do solo, foi utilizado cerca de 300g de cada amostra e enviadas para análises laboratoriais. Para análise química, foi solicitado a determinação dos macronutrientes relacionados com a fertilidade, como pH, fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e matéria orgânica (MO), além da quantificação do carbono orgânico total (COT) e o micronutriente zinco (Zn). Com relação aos atributos físicos, as amostras passaram pela análise granulométrica para determinar os teores de areia, silte e argila.

3.4 Análises do Bioindicador Micorrizas Arbusculares

3.4.1 Extração e contagem de esporos de FMAs

Para cada amostra de solo das subparcelas foram separados 100mL de solo para extração dos esporos. Após a coleta e secagem das amostras, procedeu-se a extração de esporos de FMAs de acordo com o método descrito por Gerdemann & Nicolson (1963), a partir do peneiramento via úmido utilizando conjunto de peneiras com malhas de 500, 240 e 53µm.

O material retido nas duas peneiras com filtros menores foi recolhido e os esporos foram extraídos por meio de duas etapas de centrifugação: a primeira etapa em água a 3.000 rpm durante 3 minutos. Após dispensar o sobrenadante o material foi ressuspensão numa solução de sacarose 50% e centrifugado a 2.000 rpm durante 2 minutos, método descrito por Jeckins (1964). O sobrenadante foi coletado e os esporos viáveis foram posteriormente analisados de acordo com suas características morfológicas e quantificados de acordo com a Coleção Internacional de Fungos Micorrizicos Arbusculares (INVAM), da Universidade do Kansas.

3.4.2 Coleta de amostras de raízes

Em cada subparcela do agroecossistema foi feita a coleta de amostras de raízes das plantas cultivadas. A coleta ocorreu a partir do terço médio em duas diferentes espécies em cada área, para quantificar a presença de colonização micorrízica radicular. Em seguida, o material coletado foi etiquetado e conservado em álcool a 50% até o momento da coloração e análises.

3.4.3 Clarificação e coloração das raízes

As raízes amostradas passaram pelo processo de clarificação, que consiste na imersão em solução de KOH (10%) durante 60 minutos em uma temperatura de 90°C. Após esse processo, o material foi submetido à solução de HCL (1%) durante 5 minutos. Já clarificadas, as raízes passaram pelo processo de coloração, usando solução de tinta de caneta (Parker) 5% e ácido acético 5% por 3 minutos a uma temperatura de 90°C. O material foi lavado em solução de ácido acético (5%) para remoção do excesso de tinta e mantido em solução de lacto-glicerol (VIERHEILIG et. al, 1998).

3.4.4 Quantificação da colonização micorrízica

A presença de colonização micorrízica foi determinada pela identificação de estruturas fúngicas como: arbúsculos, hifas, esporos, apressórios ou vesículas no tecido cortical radicular, utilizando lupa estereoscópica com aumento de 80X e placas reticuladas (GIOVANNETTI; MOSSE, 1980). Para cada amostra, as estruturas fúngicas características da simbiose micorrízica arbuscular foram marcadas como presentes ou ausentes por cada fragmento de raiz analisado.

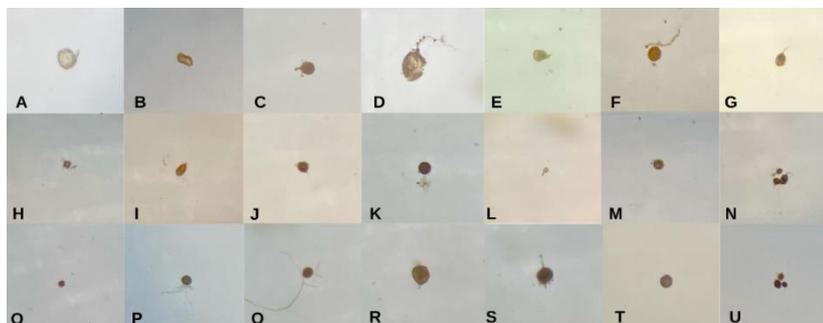
3.5 Análise de dados

A avaliação dos dados obtidos em campo foi calculada a partir de análises estatísticas e análise de diversidade ecológica, este último utilizando o Índice de Shannon-Wiener no programa EXCEL.

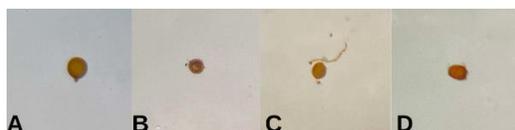
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da extração e quantificação dos esporos, foram contabilizados 1.443 esporos e identificados 55 diferentes morfotipos de FMA nas amostras de solos de 5 subsistemas do agroecossistema, que foram coletadas no período seco do ano de 2022. Os conjuntos de diferentes morfotipos encontrados em cada uma das áreas estão expostos nas figuras 2, 3, 4, 5, 6. A identificação e classificação de gênero/espécies dos 55 morfotipos encontrados, as características morfológicas observáveis, bem como as características de paredes dos esporos estão no quadro 2. Estas informações foram obtidas seguindo as orientações fornecidas pelo INVAM.

Figura 2: Diversidade de morfotipos observados na área 1.

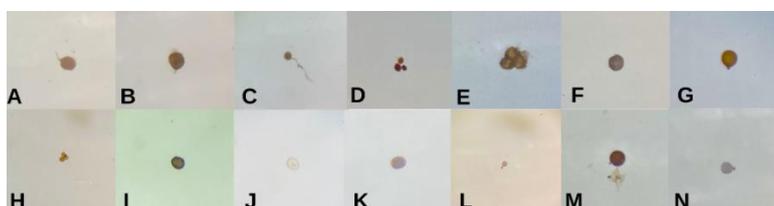


Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

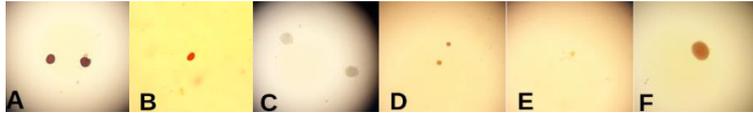


Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

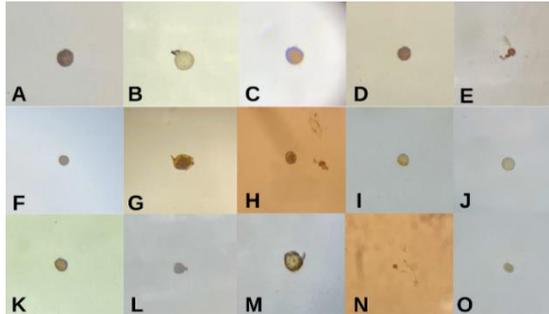
Figura 4: Diversidade de morfotipos observados na área 3.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 5: Diversidade de morfotipos observados na área 4.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 6: Diversidade de morfotipos observados na área 5.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Quadro 2: Descrição das características morfológicas observáveis dos esporos recuperados nas áreas analisadas no agroecossistema, Alagoa Nova, PB.

Área	Cor	Formato	Superfície
Área 1	Creme, clara	Redondo	Rugosa
Área 1	Marrom amarelado	Oval alongado	Rugosa Irregular
Área 1	Marrom, escuro; fosco	Redondo	Rugosa
Área 1	Creme, clara	Oval alongado	Vítreo-rugosa
Área 1	Hialino, creme	Oval, alongado	Lisa, pouco rugosa
Área 1	Amarelo escuro	Oval	Lisa
Área 1	Hialino, cinza	Oval	Pouco rugosa
Área 1	Marrom escuro; fosco	Redondo	Lisa
Área 1	Laranja	Oval alongado	Lisa
Área 1	Marrom, clara	Redondo	Lisa, irregular
Área 1	Marrom	Redondo	Pouco Rugosa
Área 1	Marrom, escuro	Redondo	Lisa
Área 1	Marrom, clara; esporocarpos	Redondo	Lisa
Área 1	Amarelo, escura	Redondo	Lisa
Área 1	Marrom, escura	Redondo	Lisa
Área 1	Marrom, avermelhada	Redondo	Rugosa
Área 1	Marrom	Redondo	Muito rugosa
Área 1	Amarela, escura	Oval	Lisa, irregular
Área 1	Marrom escura	Redondo ovalado	Rugosa

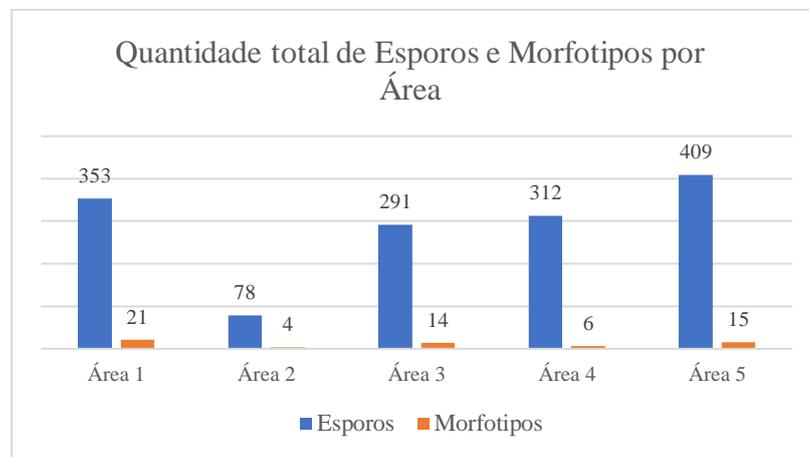
Área 1	Marrom	Redondo	Muito rugosa
Área 1	Avermelhada	Oval	Lisa
Área 2	Marrom, alaranjado	Redondo	lisa
Área 2	Laranja	Oval alongado	Lisa, embaçada
Área 2	Amarelo, brilhante	Oval	Lisa
Área 2	Laranja	Oval alongado	Lisa, irregular
Área 3	Marrom claro	Redondo	Pouco rugosa
Área 3	Marrom	Oval	Pouco rugosa
Área 3	Avermelhada	Oval	Lisa
Área 3	Marrom	Redondo	lisa
Área 3	Amarelo escuro; esporocarpos	Redondo	Lisa
Área 3	Marrom escuro	Redondo	Rugosa, craqueada
Área 3	Amarelo; esporocarpos	Redondo	Lisa
Área 3	Laranja amarelado	Oval	lisa embaçada
Área 3	Marrom escuro	Redondo	Rugosa, irregular
Área 3	Hialino, amarelo claro	Redondo	Lisa
Área 3	Marrom, brilhante	Redondo	lisa
Área 3	Marrom, avermelhado	Redondo	Pouco rugosa, irregular
Área 3	Marrom escuro	Redondo	lisa
Área 3	Cinza escuro	Redondo	Rugosa, irregular
Área 4	Avermelhado	Oval	lisa
Área 4	Hialino, cinza-claro	Redondo	lisa
Área 4	Laranja	Redondo	Lisa, escura
Área 4	Amarelo	Redondo	Lisa, escura
Área 4	Marrom claro	Oval	Embaçada, craqueada
Área 4	Marrom escuro	Redondo	Lisa escura
Área 5	Marrom escuro	Redondo	Muito rugosa, craqueada
Área 5	Hialino cinza claro	Redondo	Lisa, craqueada
Área 5	Marrom escuro, vítreo	Redondo irregular	Pouco rugosa, embaçada
Área 5	Marrom escuro, vítreo	Redondo Irregular	Pouco rugosa, embaçada
Área 5	Marrom, escuro; fosco	Redondo	Lisa, embaçada
Área 5	Marrom, alaranjado	Redondo alongado	Lisa
Área 5	Amarela	Oval irregular	Lisa
Área 5	Cinza claro	Redondo irregular	Lisa escura; craqueada
Área 5	Amarela	Redondo	Lisa, irregular
Área 5	Cinza amarelado	Redondo	Lisa, embaçada
Área 5	Marrom amarelado	Oval irregular	Rugosa, escura
Área 5	Cinza escuro fosco	Redondo	Pouco rugosa
Área 5	Marrom, alaranjado; brilhante	Redondo, irregular	Lisa

Área 5	Cinza amarelado	Redondo	Lisa, embaçada
Área 5	Amarela acinzentada	Redondo irregular	Lisa, irregular

Fonte: Elaboração própria com base nas informações fornecidas pelo INVAM, 2023.

Em relação a densidade de esporos nas áreas específicas, o número total por 100mL/solo variou entre 78 esporos na área 2 e 409 na área 5. Já com relação a diversidade morfológica, houve uma variação de 4 morfotipos na área 2 e 21 na área 1 (gráfico 1). Essas variações na densidade de esporos e na diversidade entre as áreas evidenciam diferentes dinâmicas de distribuição ecológica micorrízica em diferentes áreas dentro de um mesmo agroecossistema.

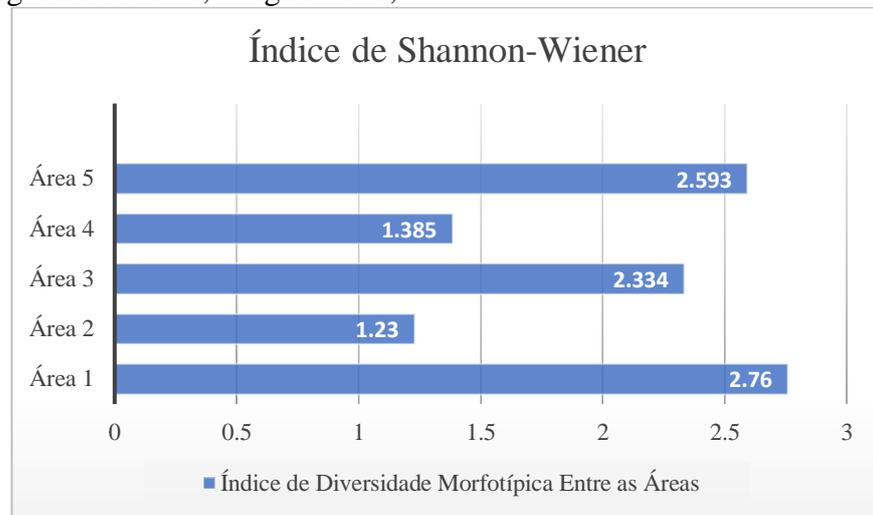
Gráfico 1: Quantidade total de esporos e morfotipos recuperados a partir de 100mL/solo entre as áreas.



Fonte: Elaboração própria, 2023.

No gráfico 2, utilizando o índice de Shannon-Wiener, a partir da somatória dos diferentes morfotipos recuperados em cada uma das áreas, foi possível observar que a área que apresentou o maior índice de diversidade morfológica de esporos foi a área 1 (IDM= 2,75934), tendo em vista que, além de apresentar a maior média de DE, também foi possível observar a segunda maior média de DM, configurando um maior equilíbrio entre densidade e riqueza de morfotipos. Embora não seja descartada a possibilidade de espécies dominantes, a distribuição dos morfotipos é a mais equilibrada em relação as demais áreas.

Gráfico 2: Diversidade morfológica de esporos de FMAs com base no Índice de Shannon-Wiener. Valores obtidos a partir da recuperação de esporos por 100ml/solo em cada uma das áreas do agroecossistema, Alagoa Nova, PB.



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Em contrapartida, a área que apresentou o menor índice de diversidade morfológica foi a área 2 (IDM= 1,23), com valores inferiores tanto na densidade de esporos (DE= 78) como na quantidade dos diferentes morfotipos recuperados (DM= 4). A partir dos resultados obtidos, é possível evidenciar diferentes distribuições ecológicas dos FMAs nas diferentes áreas em questão.

Embora inúmeros fatores possam influenciar nessas diferentes distribuições, sabe-se que a simbiose micorrízica é sensível a variação de certos atributos químicos do solo. O aumento e/ou a diminuição de determinados elementos químicos podem favorecer ou desfavorecer o estabelecimento e manutenção da simbiose micorrízica em geral, como também a dominância e o desaparecimento de determinados gêneros e espécies.

Com base nos resultados dos atributos químicos (tabela 1), com exceção da área 2 (P= 33,52), quase todas as áreas analisadas apresentaram um baixo teor de fósforo (P), principalmente a área 5 (P=1,55). Esses resultados corroboram com outros estudos, como Siqueira et al (2010), em que a simbiose micorrízica é mais eficiente em solos com baixa concentração de P. Além disso, solos do semiárido, em geral, possui escassez de P, evidenciando a importância da micorriza para otimizar a assimilação deste nutriente pelos vegetais.

Tabela 1: Atributos químicos do solo nas 5 áreas avaliadas no agroecossistema, Alagoa Nova, PB.

Área	Ph	P	K+	Na+	H+Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ⁺²	Zn	Mg ⁺²	SB	CTC	MO
	H ₂ O (1:25)	mg/ dm ²	mg/ dm ²	cmol/ dm ²	g/kg							
Área 1	6,2	2,27	178,92	0,02	3,94	0,10	3,55	2,918	1,70	5,73	9,68	37,42
Área 2	6,8	33,52	80,57	0,02	2,19	0,05	5,75	7,443	2,08	8,06	10,25	45,97
Área 3	6,4	7,21	46,88	0,03	2,46	0,05	2,84	3,728	1,25	4,24	6,70	26,94
Área 4	6,4	3,77	49,35	0,02	1,01	0,05	2,61	3,325	0,82	3,58	4,59	18,71
Área 5	6,0	1,55	24,07	0,10	2,03	0,10	1,30	2,100	0,67	2,13	4,16	10,69

Fonte: Elaborado pela autora com base nas análises fornecidas pelo Laboratório de Solos do DSER, 2022.

Na área 2, outro elemento negativamente correlacionado com a densidade de esporos e a diversidade de morfotipos foi o zinco (Zn), onde teve maior concentração (Zn= 7,443) em relação a área 5 e 1, que apresentaram respectivamente menor concentração (Zn=2,100; 2,918), com resultados superiores no que diz respeito ao número total de esporos recuperados, bem como a diversidade de morfotipos. Segundo Perlati (2010), essa correlação negativa entre FMA e o zinco tem sido observada também em outros trabalhos, onde doses mais altas do elemento diminuem a densidade e a colonização radicular por FMA.

Com relação ao teor de matéria orgânica (MO) nas áreas analisadas, as áreas 1, 2 e 3 (MO= 37,42; 45,97; 26,94) apresentaram bons teores de MO, tendo em vista que concentrações acima de 20 são consideradas ideais. Em contrapartida, as áreas 4 e 5 respectivamente (MO=18,71; 10,69) apresentaram baixas concentrações quando comparadas as áreas citadas anteriormente. Ainda que a matéria orgânica dessas áreas tenha apresentado teores abaixo do esperado, a densidade de esporos recuperados nas áreas 4 e 5 (DE= 312; 409) foram superiores a área 2 (DE= 78), que teve maior teor de MO. Esses resultados ajudam na compreensão acerca da capacidade da micorriza persistir mesmo em solos pobres nesse composto.

As concentrações de potássio (K) em todas as áreas apresentaram valores elevados, principalmente a área 1 (K= 178,92), que pode ser justificado pelas características naturais do solo, como a textura e estruturação do solo, que são influenciadas também pela rocha de origem. Além disso, a matéria orgânica também tem contribuição na retenção deste elemento, evitando perda por lixiviação.

Com base nas análises dos atributos físicos, podemos caracterizar em geral, os solos das áreas analisadas como solos arenosos, tendo em vista que são compostos, em grande parte, por areia (tabela 2). Esse tipo de solo é muito presente no semiárido nordestino e são caracterizados por possuírem baixa retenção de água, baixa CTC e menor porosidade total (SPERA et al., 1998). Diante dessas características, o manejo adequado em agroecossistemas, principalmente na reposição de matéria orgânica auxilia no equilíbrio dos solos em questão.

Tabela 2: Atributos físicos do solo nas 5 áreas avaliadas no agroecossistema, Alagoa Nova, PB.

Área	Areia	Silte	Argila	CLASSE TEXTUAL
	2- 0,05 Mm ---g/kg---	0,05-0,002 mm ---g/kg---	<0,002 mm ---g/kg---	
Área 1	652	149	199	Franco Arenosa
Área 2	705	134	161	Franco Arenosa
Área 3	844	60	96	Areia Franca
Área 4	778	131	91	Franco Arenosa
Área 5	807	116	77	Areia Franca

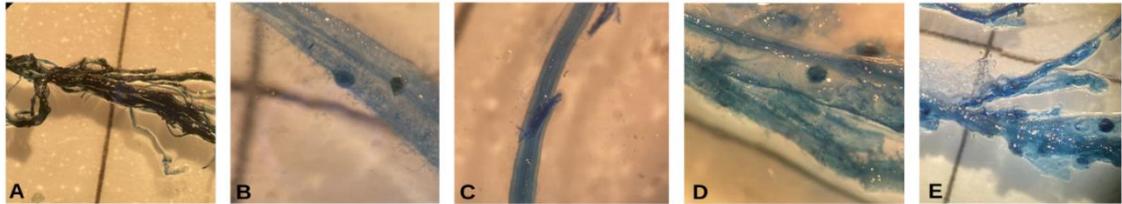
Fonte: Produzida pela autora com base nas análises fornecidas pelo Laboratório de Solos do DSER, 2022.

Em relação a presença da colonização radicular, a identificação das estruturas foi dividida entre intrarradicular e extrarradicular. Com base nas amostras do tecido intrarradicular, foi possível detectar hifas e arbúsculos em todas as raízes amostradas. Entretanto, apenas nas amostras referente as áreas 2, 4 e 5 foi possível a identificação de forma clara das estruturas vesiculares. Já no tecido extrarradicular, todas as amostras apresentaram estruturas como apressórios e hifas (figura 7).

Esses resultados corroboram com estudos anteriores (SIQUEIRA et al., 2010), em que a simbiose micorrízica arbuscular ocorre de forma generalista na maioria das plantas

vasculares terrestres, otimizando a assimilação de água e nutrientes, o que é de extrema importância principalmente em agroecossistemas do semiárido.

Figura 7: Amostras de raízes colonizadas nas áreas analisadas. (A) área 1; (B) área 2; (C) área 3; (D) área 4 e (E) área 5.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Além dos atributos químicos e físicos, outro fator a ser levado em consideração no estabelecimento e diversidade ecológica micorrízica são as práticas de manejo utilizadas em cada uma das áreas. A área 1, que apresentou maior diversidade de morfotipos foi caracterizada como bosque bem estabelecido há mais de três décadas, com solo pouco perturbado por revolvimento, o que favorece o estabelecimento da diversidade micorrízica.

Segundo os estudos de Maherali e Klironomos (2007), o aumento da diversidade de FMAs nos campos de cultivo é um aspecto fortemente desejável para melhorar a sustentabilidade dos cultivos, com fortes indicações de que a exclusão competitiva favorece a coexistência, permitindo a complementaridade de funções, como uma maior absorção de nutrientes e resistência a patógenos.

A área com maior densidade de esporos foi a área 5 que, embora passe por rotatividade de culturas, o plantio é direto e o revolvimento do solo é o mínimo possível. Além disso, embora a área esteja situada em vazante de barreira e o solo ter sido caracterizado como molhado, o estudo ocorreu na estação seca, acarretando numa menor incidência hídrica quando comparado a estação chuvosa. Para Bonfim et al (2010), é possível que o estresse hídrico durante a estação seca possa favorecer a esporulação, uma vez que os esporos são estruturas de resistência, possibilitando a manutenção destes organismos no ambiente.

Mesmo a área 2 apresentando uma menor densidade de esporos e diversidade morfológica, estes resultados são pouco atribuídos as práticas de manejo, tendo em vista que esta área, assim como a área 1, possui ao longo de décadas pouco revolvimento do solo. Tais resultados possuem uma maior relação com os atributos químicos do solo, principalmente o teor de P, do que com as práticas de manejo em si, como verificaram Santos e Carrenho (2011), em que as propriedades químicas do solo influenciam a estruturação das comunidades de FMAs.

5 CONCLUSÃO

Estudos das dinâmicas de FMAs em agroecossistemas familiares no semiárido são importantes para avaliar a sustentabilidade das práticas agrícolas, sobretudo em ambientes caracterizados pelo estresse hídrico. Não distante desta realidade, em solos com baixo teor de P, a simbiose micorrízica é favorecida e proporciona à planta uma maior absorção, tendo em vista que solos do Semiárido, em geral, possuem baixas concentrações deste nutriente.

Dentro de um mesmo agroecossistema foi possível constatar diferentes composições nos atributos químicos e físicos que influenciam direta e indiretamente as comunidades de FMAs. Além disso, as práticas de manejo conservacionistas podem atuar no aumento da

diversidade destas comunidades, favorecendo o cultivo e a saúde do solo em geral, otimizando assim a estabilidade dos sistemas.

A diversidade morfológica de esporos de FMAs encontrada neste trabalho indica que estes fungos apresentam potencial uso como indicadores biológicos da saúde do solo e do agroecossistema.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M; NICHOLLS, C, I. **Agroecología:** Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Série Textos Básicos para a Formação Ambiental. 1ª Ed. México: PNUMA, 2000, 250 p.

ALTIERI, M. A. Agroecologia – **A dinâmica produtiva da agricultura sustentável.** 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 110p.

BERBARA, R.L.L., DE SOUZA, F.A., FONSECA, H.M.A.C. **Fungos Micorrízicos Arbusculares:** Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M.S. Ed. Nutrição Mineral de Plantas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Brasil, 2006. 53-88 p.

BONFIM, J. A.; MATSUMOTO, S. N.; LIMA, J.M.; CÉSAR, F.R.C.F.; SANTOS, M.A.F. Fungos Micorrízicos arbusculares (FMA) e aspectos fisiológicos em cafeeiros cultivados em sistema agroflorestal e a pleno sol. *Bragantia*, 69:201-206, 2010.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al (Eds). *Defining soil quality for a sustainable environment.* Madison: Soil Science Society of America, Publication Number 35, p.3-22, 1994.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análises de Solos.** 2 ed. Embrapa-CNPQ, Rio de Janeiro, 1997, 212 p.

FARIA, F. C. Efeito de associações micorrízicas na eficiência e competitividade de estirpes de rizóbio no feijoeiro. 1998. 105 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

FERREIRA, J. M. L. Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados. 2005. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

FIALHO, J.F.; SOUSA, D.M.G.; VIEIRA, E.A. Manejo do solo no cultivo de mandioca. In: FIALHO, J.F.; VIEIRA, E.A. (Eds.). *Mandioca no Cerrado: orientações técnicas.* 2ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2013. p.39-60.

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* 46:235-244, 1963.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia:** processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, 2000.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. Uma avaliação de técnicas para medir infecção micorrízica vesicular arbuscular em raízes. *New Phytologist*, 84. 1980, 489-500 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>. Acesso em 22 de fevereiro de 2023.

GONÇALVES, W. L.; LIRA, W. S.; SOUSA, C. M. Análise da sustentabilidade da agricultura familiar na produção de tangerina no município de Matinhas, Paraíba. In: CÂNDIDO, G. A.; LIRA, W. S. (Org.). **Indicadores de Sustentabilidade para Agroecossistemas**: aplicações em diversos tipos de cultivo e práticas agrícolas no estado da Paraíba. Campina Grande: EDUEPB, 2016. p. 99-160.

JENKINS, W.R. **A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil**. *Plant Disease Reporter* 48:4. 1964. 692 p.

MAIA, L. C.; SILVA, G. A. da; YANO-MELO, A. M.; GOTO, B. T. **Fungos Micorrízicos Arbusculares no Bioma Caatingas**. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds). *Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil*. Lavras: Editora UFLA, 2010. p. 311 – 339.

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

MENEZES, H. E. A.; DE BRITO, J. I. B.; DOS SANTOS, C. C. A.; SILVA, L. L. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.2, 152-161, 2008

F.M.S.; Siqueira, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Ed. UFLA, Lavras, 2006. 626 p.

INVAM- International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi, 2019. Disponível em: <https://invam.ku.edu/classification> Acesso em: 28 de fevereiro de 2023.

OLIVEIRA, L.H. Fungos Micorrízicos Arbusculares e aspectos nutricionais de três espécies perenes de um SAF em Manaus-AM. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-graduação em Agricultura do Trópico Úmido). Coordenação do Programa de Pós-graduação, INPA. MANAUS, p.69. 2019.

PERLATTI, F. Diversidade de Fungos micorrízicos arbusculares em solos de agroecossistemas do semiárido cearense. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Depto de Biologia, Fortaleza, 2010.

PRIMAVESI, Ana. **Manual do solo vivo**. 2 ed. São Paulo: Expressão Popular, 2016. p. 205.

Reis, R.J.A.; Campos, S.A.; Martins, G.S.L.; Jesus, E. L.; Bastiani, M. L. R.; Campos, A.N.R. Efeitos de plantas de cobertura nas associações do milho (*Zea mays* L.) com fungos benéficos do solo. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.2, n. 2, 2012.

SANTOS, R. S.; BARRETO, P. A. B.; SCORIZA, R. N. Efeito da sazonalidade na comunidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em um fragmento de mata de cipó 62 em

Vitória da conquista, Bahia. Revista Brasileira de Biociências, Porto alegre, v. 12, n. 1, p. 46-51, 2014.

SANTOS, C. S. dos. Análise do Processo de Transição Agroecológica das Famílias Agricultoras do Núcleo da Rede Ecovida de Agroecologia Luta Camponesa. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul. 2016.

SILVA, G. M. et al. Indicadores de sustentabilidade na visão de agricultores familiares como instrumento para gestão de unidades de produção com pecuária de leite. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMA DE PRODUÇÃO, 11., 2016, Pelotas. Anais. Pelotas: SBSP, 2016.

SILVA, M. A. ; NASCENTE, A. S.; FRASCA, L. L. de M.; REZENDE, C. C.; FERREIRA, E. A. S.; FILIPPI, M. C. C. de; LANNA, A. C.; FERREIRA, E. P. de B. .; LACERDA, M. C. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 10, n. 12, p. e111101220008, 2021.

SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds). **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, 2010. p. 16 – 73.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal Symbiosis**. 3º Ed. London: Academic Press, 2008, p. 800.

SOUSA, C. D. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LIMA, F. S.; MAIA, L. C.; OEHL, F. Arbuscular mycorrhizal fungi in successional stages of caatinga in the semi-arid region of Brazil. *Ciência Florestal* 24 (1), 2014. p.137- 148.

TABARELLI, Marcelo e cols. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciênc. Culto**, São Paulo, v. 70, n. 4, pág. 25-29, out. 2018. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252018000400009&lng=en&nrm=iso. Acesso em 15 de fevereiro de 2023.

VIERHEILIG, H.; GOUGHLAN, A. P.; WYSS, U.; PICHÉ, Y. Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. **Applied Environmental Microbiology**, v.64, n.12, 1998.

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus e aos meus amigos espirituais que sempre estiveram comigo, mesmo nos dias mais difíceis. A minha avó, Maite, por sempre ser exemplo e me incentivar a estudar. Ao meu pai e amigo, Fernando (in memoriam), por me apoiar na escolha do curso e por sempre estar ao meu lado.

Sou imensamente grata ao meu orientador, professor Dr. Simão Lindoso de Souza, por sua dedicação, compromisso e paciência dentro e fora de sala de aula. Jamais esquecerei dos seus ensinamentos, das vezes que se preocupou comigo e esteve presente quando sofri aquele acidente. Sem dúvidas, seu apoio foi muito importante na minha recuperação e formação acadêmica.

Gratidão a Cris e Railton, que abriram as portas da sua casa e propriedade para a realização deste estudo. Gratidão também a todos os agricultores da Feira Agroecológica da UEPB. Aprendi muito com todos vocês e sempre lembrarei de vocês com muito carinho. A Joelma, que sempre teve boa vontade em me ajudar, sobretudo neste trabalho.

Agradeço ao professor Dr. João Damasceno, que me ajudou neste estudo e aceitou fazer parte da Banca avaliadora e pelas contribuições. Sou igualmente grata a professora Dr^a Márcia Adelino, por avaliar o meu trabalho e pelas contribuições. Por fim, agradeço a Universidade Estadual da Paraíba por disponibilizar todos os excelentes professores que contribuíram para minha formação acadêmica.