



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE MICOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE FUNGOS**

AMANDA LUCIA ALVES

**ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE FUNGOS DE SOLO DE POLICULTIVOS EM
ÁREAS DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA**

RECIFE

2019

AMANDA LUCIA ALVES

**ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE FUNGOS DE SOLO DE POLICULTIVOS EM
ÁREAS DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos do Departamento de Micologia do Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Biologia de Fungos.

Área de Concentração: Fungos de interesse agronômico.

Orientador: Prof^a. Dra. Patricia Vieira Tiago.

Coorientador: Dr. Phelipe Manoel Oller Costa.

RECIFE

2019

Catálogo na fonte
Elaine C Barroso (CRB4/1728)

Alves, Amanda Lucia

Estrutura de comunidades de fungos de solo de policultivos em áreas de transição agroecológica / Amanda Lucia Alves - 2019.

53 folhas: il., fig., tab.

Orientadora: Patrícia Vieira Tiago

Coorientadora: Phelipe Manoel Oller Costa

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos. Recife, 2019. Inclui referências

1. Micobiota do solo 2. Agroecologia 3. Qualidade do solo I. Tiago, Patrícia Vieira (orient.) II. Costa, Phelipe Manoel Oller (coorient.) III. Título

579.5

CDD (22.ED.)

UFPE/CB-2020-003

AMANDA LUCIA ALVES

**ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE FUNGOS DE SOLO DE POLICULTIVOS EM
ÁREAS DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Biologia de Fungos.

Aprovada em: 26/02/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Patricia Vieira Tiago (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Dr. Renan do Nascimento Barbosa (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Roger Fagner Ribeiro Melo (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Agradecimentos

Eu agradeço a Deus a conclusão deste ciclo e por tudo que vivi nestes dois anos de mestrado.

Aos meus pais, Maria Lucia Silva e José Antonio Alves, agradeço o esforço a mim dado para uma boa educação e pela contribuição na minha formação superior.

Aos familiares e amigos, agradeço por todo incentivo durante estes dois anos.

Aos amigos e professores (que inclui minha orientadora) do Laboratório de Fungos Fitopatogênicos e Biocontroladores que contribuíram na minha caminhada acadêmica, partilhando o dia a dia comigo, estreitando os nossos laços e vivendo como uma família além de nosso sangue. Que sorte a minha de tê-los comigo!

Aos agricultores do Assentamento Chico Mendes III – Paudalho pela convivência, pelo compartilhamento de suas experiências no campo e por acreditar e confiar no nosso trabalho.

A minha orientadora e meu co-orientador, Dra. Patricia Vieira Tiago e Dr. Phelipe Manoel Oller Costa pelo empenho e pela confiança em juntos desenvolver este trabalho.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA – pela parceria em nossas pesquisas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – pela concessão da bolsa de mestrado, contribuindo para a permanência dos estudantes de pós-graduação até a conclusão de suas pesquisas.

À Pró-reitora de Pesquisa – Propesq – e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco – FACEPE – pelo fomento as nossas pesquisas.

“Composto de coisas mortas e vivas, lugar em que a sujeira se limpa e os dejetos renascem como hifas e esporos, o solo é sobretudo um fenômeno fúngico.” (Lynn Margulis)

RESUMO

A prática da agricultura convencional é amplamente utilizada no Brasil e se caracteriza pela substituição de áreas de mata nativa por monoculturas, utilizando insumos químicos para a produtividade máxima. Esta prática afeta o funcionamento dos ecossistemas resultando em desequilíbrios ecológicos. Uma das alternativas ao modelo convencional de produção agrícola são os policultivos, como os sistemas agroflorestais (SAFs) e os consórcios. Estas alternativas propõem a prática de um manejo consciente garantindo autonomia na fertilização do solo, produtividade e proteção dos sistemas agrícolas, processos em que os fungos, microorganismos expressivos do solo, estão envolvidos. O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar a diversidade de fungos filamentosos de solo de SAF, Consórcio e Mata Atlântica no Assentamento Chico Mendes III. Amostras de solo foram coletadas em Julho de 2017 e Março de 2018 de SAF e de consórcio do Assentamento Chico Mendes III e de Mata Atlântica (Mata São João) em Paudalho, Pernambuco. O isolamento ocorreu pelo método de diluição seriada e a identificação por meio de análise das características de valor taxonômico, quando necessário, foram identificados por sequenciamento de partes de regiões gênicas. Foram determinadas a taxa de respiração microbiana (RM) e análises físico-químicas dos solos para caracterizar as áreas estudadas. Mediante o isolamento foi estimada a diversidade e a similaridade entre as comunidades fúngicas. As comunidades foram influenciadas pelo tipo de manejo nas áreas de policultivos, refletindo no teor de matéria orgânica (MO), na disponibilidade de carbono (C) e demais nutrientes, sendo que os valores de MO e C do solo da Mata Atlântica foram maiores que o solo da Agrofloresta. A taxa de RM e a densidade de fungos do solo da Mata Atlântica foram maiores no período de menor precipitação pluviométrica, acarretando menor perda de solo nesta área, mais íngreme. Foi observada maior riqueza na Mata Atlântica, seguido pelas áreas de policultivos e valores muito próximos de diversidade entre a Mata Atlântica e a Agrofloresta. As áreas de policultivos (Consórcio e SAF) apresentaram 45 % de similaridade quanto a composição da comunidade, enquanto a área da Mata Atlântica apresentou-se mais distante das áreas de policultivos, com 29 % de similaridade. Os policultivos deste estudo estão em processo de transição agroecológica e possuem seis anos de implantação e, portanto, a Agrofloresta ainda não atingiu seu clímax do desenvolvimento destas comunidades. A área de Consórcio, mesmo apresentando poucas culturas (três), apresentou similaridade próxima a 50 % do SAF, cuja diversidade de plantas é maior. Este dado reforça a importância da diversificação de culturas somada ao manejo agroecológico dos solos.

Palavras-chave: Agroecologia. Agrofloresta. Micobiota do solo. Qualidade de solo.

ABSTRACT

The practice of conventional agriculture is widely used in Brazil and is characterized by substitution of native forest by monocultures, using chemical inputs for maximum productivity. This practice affects the functioning of ecosystems resulting in ecological imbalances. One alternative to conventional model of agricultural production are polycultures, such as agroforestry systems (AFSs) and consortium of plants. These alternatives propose the practice of a conscious management ensuring autonomy in fertilization of soil, productivity and protection of the agricultural systems, processes in which the fungi, microorganisms expressive of the soil, are involved. The objective this study was to evaluate and to compare the diversity of filamentous fungi in soils of AFS, Consortium of plants and Mata Atlântica in the Chico Mendes III settlement. Soil samples were collected in July 2017 and March 2018 from AFS and a consortium of the Chico Mendes III Settlement and Mata Atlântica (Mata São João) in Paudalho, Pernambuco. Isolation occurred by the serial dilution method and identification by means of analysis of the taxonomic value characteristics, when necessary, were identified by sequencing of parts of gene regions. The microbial respiration rate (RM) and physical-chemical analyzes of the soils were determined to characterize the studied areas. Isolation was estimated the diversity and similarity between fungal communities. The communities were influenced by the type of management in the polyculture areas, reflecting the organic matter content (OM), the availability of carbon (C) and other nutrients, and the OM and C values of the Atlantic Forest soil were higher than the soil of Agroforestry. The RM rate and soil fungus density of the Atlantic Forest were higher in the period of lower rainfall, resulting in a lower soil loss in this steeper area. Greater richness was observed in the Atlantic Forest, followed by polyculture areas and very close values of diversity between the Atlantic Forest and Agroforestry. The polyculture areas (Consortium of plants and AFS) presented 45% similarity to the community composition, while the Atlantic Forest area was farthest from the polyculture areas, with 29% similarity. The polycultures of this study are in the process of agroecological transition and have six years of implantation and, therefore, Agroforestry has not yet reached its climax in the development of these communities. The Consortium area, even presenting few crops (three), presented similarity close to 50% of the SAF, with greater diversity of plants. This fact reinforces the importance of crop diversification in addition to the agroecological management of soils.

Keywords: Agroecology. Agroforests. Mycobiota of soil. Soil quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Propriedade do Assentamento Chico Mendes III em que foram realizadas as coletas de solo, no município de Paudalho, PE. A - Sistema Agroflorestal. C - Consórcio.	23
Figura 2 – Área de Mata Atlântica (Mata São João) em que foram realizadas as coletas de solo, no município de Paudalho, PE.....	23
Figura 3 – Precipitação e temperatura média da primeira coleta (Jul/2017) e segunda coleta (Mar/2018) de amostras de solo em áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica, no município de Paudalho-PE.....	34
Figura 4 – Total de espécies por gênero de fungos, independente da área de registro	37
Figura 5 – Dendrograma de similaridade representativos das comunidades de fungos filamentosos isolados de áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica.	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades físicas das amostras de solos de áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica.	24
Tabela 2 – Plantas cultivadas nas áreas de policultivos que circuncidavam os pontos de coleta das amostras de solo no Assentamento Chico Mendes III.....	25
Tabela 3 – Análise físico-química das amostras de solos de áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) no Assentamento Chico Mendes III e Mata Atlântica.....	32
Tabela 4 – Respiração microbiana e teor de umidade das amostras de solos coletados em Julho de 2017 (1ª coleta) e Março de 2018 (2ª coleta) em áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica.....	33
Tabela 5 – Densidade de fungos filamentosos (Unidades Formadoras de Colônia x 10 ³ g solo ⁻¹) gêneros e espécies - isolados de solos coletados Julho de 2017 (1ª coleta) e Março de 2018 (2ª coleta) em áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica ⁻¹	35
Tabela 6 – Fungos filamentosos isolados de solos de áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica. Números expressos em Unidades Formadoras de Colônia x 10 ³ g solo ⁻¹	38
Tabela 7 – Riqueza de Espécies, Diversidade de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidade de Pielou (e) e Dominância de Berger-Parker em solos de áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDA	Batata dextrose agar
cm	Centímetro
Cmolc/dm ³	Centimol de carga por decímetro cúbico
DNA	Deoxyribonucleic acid (Ácido desoxirribonucleico)
dNTPs	Desoxirribonucleotídeos fosfatados
FIESC	<i>Fusarium Incarnatum-Equiseti</i> Species Complex (Complexo de espécies <i>Fusarium Incarnatum-Equiseti</i>)
g	Gramma
h	Hora
HCl	Ácido clorídrico
KCL	Cloreto de potássio
KOH	Hidróxido de potássio
L	Litro
m	Metro
m ²	Metro quadrado
mg	Miligrama
MgCl ₂	Cloreto de magnésio
mg/dm ³	Miligrama por decímetro cúbico
mg/ml	Miligrama por mililitro
ml	Mililitro
mm	Milímetro
N	Normal
PCR	Polymerase chain reaction (Reação em cadeia da polimerase)
RNA	Ribonucleic acid (Ácido ribonucleico)
S	South (Sul)
Taq DNA Polimerase	Enzima termoestável isolada da bactéria termofílica <i>Thermus aquaticus</i>
Tris-HCl	Trisaminometano hidrocloreídrico
W	West (Oeste)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	AGRICULTURA CONVENCIONAL	14
2.2	AGROECOLOGIA: UMA AGRICULTURA DE BASE ECOLÓGICA	15
2.3	POLICULTIVOS: CONSÓRCIO E SISTEMA AGROFLORESTAL.....	16
2.4	ASSENTAMENTO CHICO MENDES III	18
2.5	SOLO	19
2.6	MICROORGANISMOS COMO INDICADORES DA QUALIDADE DE SOLOS AGRÍCOLAS	19
3	MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1	ÁREAS DE ESTUDO.....	22
3.2	COLETA DO SOLO	24
3.3	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO	25
3.4	ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS FILAMENTOSOS DE SOLO	26
3.5	ÍNDICES ECOLÓGICOS	27
3.6	TAXA DE RESPIRAÇÃO MICROBIANA DO SOLO	29
3.7	TEOR DE UMIDADE DOS SOLOS	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	PROPRIEDADES QUÍMICA DO SOLO	30
4.2	DETERMINAÇÃO DA RESPIRAÇÃO MICROBIANA DOS SOLOS.....	32
4.3	COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DOS FUNGOS FILAMENTOSOS DO SOLO	34
4.4	SIMILARIDADE ENTRE AS COMUNIDADES DE FUNGOS FILAMENTOSOS DOS SOLOS DAS ÁREAS DE POLICULTIVOS E DA MATA ATLÂNTICA.....	43
4.5	DADOS ECOLÓGICOS DE FUNGOS FILAMENTOSOS DO SOLO	44
5	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUÇÃO

Atividades antrópicas podem afetar a diversidade biológica, resultando em distúrbios ecológicos com consequências que podem levar a extinção de espécies essenciais à manutenção dos ecossistemas (TÓTOLA & CHAER, 2002). Em algumas regiões do Brasil os solos são severamente degradados como resultado do uso inadequado, principalmente devido à prática da agricultura convencional (NEVES *et al.*, 2004). Neste modelo de agricultura, a vegetação nativa é substituída pela introdução de monoculturas alterando a composição de espécies de plantas, a matéria orgânica, as concentrações de nutrientes e a estrutura da comunidade microbiana dos solos, causando desequilíbrios nesses ambientes como a redução da diversidade de fungos (VALPASSOS *et al.*, 2001). Uma das alternativas aos métodos convencionais de produção agrícola são os policultivos, como os sistemas agroflorestais (SAFs).

Os SAFs são constituídos de espécies de plantas arbóreas e herbáceas, obtendo-se benefícios das interações ecológicas e econômicas provenientes desta combinação. Os SAFs aproveitam os incrementos da biodiversidade (diversificação de culturas e cobertura morta para proteção do solo proveniente das próprias plantas do sistema) como um fator de equilíbrio dinâmico que ocorre nos ecossistemas nativos. Eles podem receber diferentes tipos de manejo. Todavia, a biodiversidade é maior que em monocultivos, melhorando a fertilidade dos solos e garantindo maior sustentabilidade (NAIR, 1993).

O Assentamento Chico Mendes III, localizado entre os municípios de São Lourenço da Mata e Paudalho – PE está em processo de transição agroecológica desde 2009, onde uma área antes ocupada pelo monocultivo da cana-de-açúcar foi substituída por cultivos diversificados, incluindo os SAFs. Alguns agricultores deste assentamento manejam seus agroecossistemas seguindo os princípios da Agroecologia, ou seja, de forma sustentável, livre de agrotóxicos e de adubos sintéticos (MATTOS *et al.*, 2017). O solo, componente da biosfera, não funciona apenas como sistema de produção agrícola, mas na manutenção e qualidade ambiental tanto em escala local quanto regional, sendo caracterizado como um corpo natural organizado, vivo e dinâmico que desempenha inúmeras funções no ecossistema terrestre (REETZ, 2007).

O aporte de matéria orgânica, assim como pH e a umidade são considerados os elementos principais para a formação das comunidades fúngicas, sendo estes encontrados variando de 10^4 a 10^6 organismos por grama de solo (ALEXANDER, 1977).

Os fungos são conhecidos como os maiores contribuintes da biomassa deste substrato provendo melhor qualidade, são potenciais modificadores de suas características físico-químicas e

biológicas, sendo considerados os principais decompositores da matéria orgânica contribuindo para sua maior fertilidade e crescimento das plantas (PEREIRA *et al.*, 2007). Além disso, são potenciais controladores de outros fungos, nematóides e artrópodes (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Ainda são poucos os estudos sobre a comunidade fúngica em solos de SAFs. Em um deles foi observado que a estrutura da microbiota de um SAF complexo multiestrata (CMAFS) (com aproximadamente 16 anos) apresentou maior similaridade com a microbiota da Mata Atlântica comparada a microbiota de um solo de uma monocultura (COSTA *et al.*, 2012).

O SAF estudado tem seis anos de implantação e o estudo da comunidade fúngica dessa área comparada a uma área de Mata Atlântica e outra de cultivo consorciado de seis anos de implantação permitirá compreender o funcionamento do solo e obter possíveis indicadores de sua qualidade nesse pouco tempo de implantação.

O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar a diversidade de fungos filamentosos de solo de um Sistema Agroflorestal, de uma área de cultivo consorciado e Mata Atlântica no Assentamento Chico Mendes III.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AGRICULTURA CONVENCIONAL

A agricultura convencional busca o máximo de produtividade agrícola por meio da utilização intensa de insumos externos, o que em curto prazo gera resultados econômicos notórios. No entanto, ao longo do tempo traz danos ambientais não contabilizados pelos seus adeptos (PRIMAVESI, 2016). Além disso, agricultura convencional é, geralmente, voltada ao mercado externo. O agricultor (também chamado produtor rural), para garantir que este modelo funcione, torna-se dependente economicamente de atores externos como, por exemplo, os fornecedores e investidores (SACHS, 2004).

No Brasil, a intensa prática da agricultura convencional resultou em contaminação dos lençóis freáticos, rios e empobrecimento do solo. A agricultura convencional obedece à lógica de que se deve explorar ao máximo a natureza, o que em longo prazo gera um estreitamento da diversidade do meio ambiente explorado (HECHT, 2018).

Atualmente a busca da sociedade, consciente das consequências negativas que a agricultura convencional proporciona ao meio ambiente e a saúde, por produtos no mercado que sejam

provenientes de qualidade de cultivo e nutrição fomentam a implantação de sistemas de produção mais sustentáveis (ROCHA *et al.*, 2016).

2.2 AGROECOLOGIA: UMA AGRICULTURA DE BASE ECOLÓGICA

O uso contemporâneo do termo “Agroecologia” é datado de 1970. À medida que os pesquisadores exploram modelos de civilizações agrícolas antigas, é cada vez mais evidente que muitos sistemas agrícolas desenvolvidos localmente incorporam mecanismos para acomodar as culturas à variabilidade do ambiente natural. Esses mecanismos fazem uso de insumos renováveis disponíveis regionalmente e da ecologia e estrutura do campo agrícola, pousios e vegetação circundante (HECHT, 2018).

O crédito para grande parte do desenvolvimento inicial da Agroecologia nas ciências formais pertence à Klages (1928), que sugeriu que fossem considerados os fatores fisiológicos e agronômicos que influenciam a distribuição e adaptação das espécies cultivadas para entender as relações complexas entre uma planta de colheita e seu ambiente. Mais tarde, Klages (1942) ampliou sua definição para incluir os fatores históricos, tecnológicos e socioeconômicos que determinaram quais culturas poderiam ser produzidas em uma determinada região e em que quantidade.

A ideia central da Agroecologia é que um campo de cultivo é um ecossistema em que processos ecológicos são encontrados em diferentes formações vegetais. Também são encontrados nesse campo ciclagem de nutrientes, predação, competição, comensalismo e mudanças sucessionais. Está implícita em alguns trabalhos agroecológicos a ideia de que, ao entender esses processos e relações, os agroecossistemas podem ser manipulados para produzir melhor, com menos impactos ambientais ou sociais negativos, de forma mais sustentável e com menos insumos externos (HECHT, 2018).

Os agroecossistemas possuem vários graus de resiliência e estabilidade, mas estes não são apenas determinados por fatores bióticos ou ambientais. Fatores sociais, como um colapso nos preços de mercado ou mudanças na posse da terra, podem afetar os sistemas agrícolas de forma tão decisiva quanto à seca, o surto de pragas agrícolas ou o declínio dos nutrientes do solo. Por outro lado, decisões que alocam insumos energéticos e materiais podem melhorar a resiliência e a recuperação de ecossistemas danificados. Embora as manipulações humanas dos ecossistemas para a produção agrícola tenham alterado dramaticamente a estrutura, a diversidade, os padrões de energia, o fluxo de nutrientes e os mecanismos de regulação populacional nos campos agrícolas,

esses processos ainda operam e podem ser explorados experimentalmente (STEENBOCK & VEZANNI, 2013).

A agroecologia, como uma agricultura de base ecológica, tem a finalidade de instalar sistemas de cultivo que afetem o mínimo os serviços ecossistêmicos essenciais à produção utilizando métodos que tentam manter o máximo de vida diversificada e a saúde do solo. Se as plantas diferem no modo como utilizam os recursos ambientais nos monocultivos, quando cultivadas de forma consorciada podem complementar-se e fazer um melhor uso combinado dos recursos (PRIMAVESI, 2016). A agricultura de base ecológica tem como premissas a utilização e desenvolvimento de metodologias e técnicas que respeitam os limites da natureza. Dentre estas técnicas, destaca-se o sistema agrícola de policultivos que, ao contrário das monoculturas, é um sistema complexo tão antigo quanto a agricultura, que preza pela biodiversidade e diversificação da produção numa mesma área agrícola, adotando arranjos (espacial e temporal) que possibilitem a otimização do espaço produtivo com menores impactos à diversidade de espécies naquele ambiente, adequando-se às condições climáticas da região e aos interesses do agricultor (STEENBOCK & VEZANNI, 2013). Este recurso promove a sustentabilidade do sistema de produção devido aos benefícios da matéria orgânica às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (FROUFE *et al.*, 2011).

As interações endógenas (entre características biológicas e ambientais do campo agrícola) e exógenas (fatores sociais e econômicos) geram a estrutura específica do agroecossistema. Há diferenças entre um agroecossistema e um ecossistema natural quanto a sua estrutura e função. Dentre elas, destaca-se a de que os agroecossistemas são ecossistemas semi-domesticados, se enquadrando em um gradiente entre ecossistemas naturais que sofreram impacto humano mínimo e aqueles sob o impacto humano máximo (HECHT, 2018). A agroecologia fornece os princípios ecológicos básicos para o estudo e tratamento de ecossistemas tanto produtivos quanto preservadores dos recursos naturais, e que sejam culturalmente sensíveis, socialmente justos e economicamente viáveis (ALTIERI, 2004).

2.3 POLICULTIVOS: CONSÓRCIO E SISTEMA AGROFLORESTAL

Os policultivos são práticas recomendadas pela Agroecologia por resultar em sistemas agrícolas com maior estabilidade de produção e maior produtividade agrícola. Esta prática de diversificação de culturas faz com que a população de pragas agrícolas sejam controladas em

unidades de produção com grande biodiversidade e, assim, melhora o dinamismo do sistema (NICHOLLS & ALTIERI, 2007).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) e os consórcios são sistemas diversificados de produção. Nos consórcios, duas ou mais espécies de plantas são cultivadas juntas na mesma área durante parte ou todo o seu ciclo de vida de acordo com o desenho e arranjos espaciais e/ou temporais (ALTIERI, 2004). As plantas cultivadas em consórcio podem se complementar umas as outras e fazer um melhor uso combinado dos recursos. Enquanto que, um sistema agroflorestal é uma forma de uso do solo em que plantas perenes (lenhosas) de diferentes espécies são cultivadas juntamente com plantas herbáceas (cultivos anuais e/ou pastagens). Existem diferentes classificações de sistemas agroflorestais e consórcios, formados por diferentes espécies e sob diferentes tipos de manejos. No entanto, em todos eles a biodiversidade presente é maior que em monocultivos, sendo estes mais sustentáveis (MACEDO, 2000).

Sistemas agroflorestais são sistemas abertos que recebem energia externa e que sua energia é liberada, sendo capaz de ir para outros tipos de sistemas externos (HECHT, 2018). É possível classificar um SAF quanto a sua composição. Alguns SAFs, por exemplo, são classificados como sistemas agroflorestais complexo multiestrata (CMAFS) que consiste na associação de dois ou mais estratos de plantas (árvores e arbustos) com alto grau de complexidade estrutural (SCHROTH & SOCORRO, 2014). Junto ao fluxo de energia está o fluxo de matéria. No fluxo de matéria há uma interação importante entre microrganismos e plantas para a transformação de componentes químicos em nutrientes importantes para o funcionamento agrícola transferindo a matéria de um componente para outro dentro da cadeia trófica. Por esta razão, quanto maior a complexidade e diversidade na estrutura de um sistema de produção agrícola, mais componentes ele possuirá, gerando condições para que os nutrientes permaneçam mais tempo dentro do sistema (PRIMAVESI, 2016).

Os SAFs também propiciam serviços de abastecimento de alimentos, água, fibras e madeira; serviços de regulação do clima, de enchentes, de doenças, de resíduos e da qualidade da água; serviços culturais, que fornecem benefícios de recreação, estéticos e espirituais; e serviços de suporte como a formação de solos, fotossíntese e ciclagem de nutrientes, além de promover a saúde e o bem-estar humano (MEA, 2005).

O manejo da sucessão ecológica também é importante para que a prática agroflorestal tenha sucesso (GÖTSCH, 1992). Inicialmente são cultivadas plantas com a função de melhorar a qualidade do solo e favorecer o desenvolvimento das plantas pioneiras por meio do sombreamento. Quando as plantas desejáveis alcançam seu máximo de desenvolvimento, as pioneiras podem ser

podadas parcial ou totalmente do ambiente. O que definirá isso é a sua função dentro do sistema (STEENBOCK & VEZANNI, 2013).

2.4 ASSENTAMENTO CHICO MENDES III

O Assentamento Chico Mendes III está inserido no Engenho São João, localizado entre os municípios de São Lourenço da Mata e Paudalho em Pernambuco, que integra o complexo da usina Tiúma. Esta área foi ocupada em 2004 por agricultores do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST). A usina estava falida a cerca de 20 anos e o monocultivo de cana-de-açúcar abandonado era o reflexo da improdutividade da área, que antes era constituída de Mata Atlântica. O Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), após quatro anos de conflitos, emitiu a posse da área do antigo Engenho onde se localizava o Acampamento Chico Mendes. Com a emissão de posse em 14 de outubro de 2008, 55 das 300 famílias acampadas foram assentadas (MATTOS *et al.*, 2014).

Em 2008, com o apoio da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), foi implantado um projeto que visava práticas agroecológicas. A partir deste projeto, as famílias disponibilizaram uma área de 400 a 500 m² para a implantação das unidades de referência agroecológica, constando de viveiros de mudas, agroflorestas, hortaliças e policultivos anuais em faixa. Em 2010 ocorreu a criação e estruturação de duas pequenas feiras de produtores, denominadas de Feiras Agroecológicas Chico Mendes, onde os produtos resultantes da produção nas unidades de referência agroecológica são comercializados (MATTOS *et al.*, 2013).

Além do apoio da UFRPE, os agricultores contam com apoio da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) por meio de um projeto de extensão que busca identificar os conhecimentos dos agricultores a respeito do conceito de microrganismos, doenças de plantas e formas de controle, assim como compreender de que forma o redesenho de um modelo de produção está influenciando na ocorrência ou não de doenças por meio de um monitoramento de microrganismos (FARIAS *et al.*, 2017). Por meio desse projeto de extensão se monitora fungos e insetos em plantas cultivadas em algumas propriedades do assentamento e, de acordo com a necessidade, algumas práticas de controle alternativo são adotadas. O estudo da ocorrência de fungos e das suas interações com plantas cultivadas nos policultivos implantados dentro do assentamento permite acompanhar a prática de um manejo consciente e livre de insumos químicos em um ambiente degradado, que espera adquirir autonomia em relação à fertilização do solo, produtividade e proteção das culturas (COSTA, 2017).

2.5 SOLO

O solo é formado por três fases: líquida (água e materiais dissolvidos), gasosa (gases atmosféricos com diferentes proporções) e sólida. Este último é composto de partículas minerais em diferentes formatos e tamanhos e características químicas, raízes de plantas, populações de organismos vivos e com metabólitos ativo ou dormente, e matéria orgânica em vários estádios de decomposição. A estrutura sólida é predominantemente formada por complexos de argila e matéria orgânica estabilizados em partículas com diferentes tamanhos (areia, silte e argila), formas e arranjos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

O solo tropical é considerado saudável quando apresenta grumos agregados (ou seja, partículas sólidas constituintes), com um sistema macroporoso (no mínimo 10 %) em que ocorra circulação de ar e água, e que as raízes de plantas sejam penetráveis. Ele deve ser limpo, sem resíduos tóxicos ou metais pesados, com nutrição equilibrada, de modo que as plantas que nele cresçam sejam saudáveis, sem pragas ou doenças e que produzam produtos de elevado valor biológico (PRIMAVESI, 2016). Ele é considerado um sistema vivo como produto das relações não lineares entre minerais, micro e macrorganismos e plantas. Estas relações são estabelecidas à medida que a energia e a matéria contidas nos vegetais servem como fonte de alimento aos organismos do solo. Ao usarem essa energia e matéria excretando resíduos, os organismos fazem fluir energia e matéria mantendo o sistema solo em evolução (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011) proporcionando, por meio das relações não lineares, condições para os sistemas se manterem e evoluírem, sendo reflexo das práticas agrícola e manejo das plantas (STEENBOCK & VEZANNI, 2013).

2.6 MICRORGANISMOS COMO INDICADORES DA QUALIDADE DE SOLOS AGRÍCOLAS

A grande biodiversidade encontrada nos solos o torna um ecossistema complexo. Com base em seu tamanho a biota do solo pode ser classificada em microrganismos, micro, meso e macrofauna, sendo que a densidade de todos os grupos de organismos varia em função de características edáficas e climáticas específicas de cada ambiente. Geralmente, as minhocas, as bactérias e os fungos são aqueles com valores expressivos em questão de biomassa (KUZUYAKOV & BLAGODATSKAYA, 2015).

A qualidade do solo é definida como a capacidade em funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais. Para avaliar a qualidade do solo, é necessário selecionar algumas de suas propriedades que são consideradas indicadores (KUZYAKOV & BLAGODATSKAYA, 2015). Um eficiente indicador deve ser sensível às variações do manejo, correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo, capaz de elucidar os processos do ecossistema, ser compreensível e útil para o agricultor e de fácil e barata mensuração (DORAN & ZEISS, 2000).

Os indicadores podem ser distintos em três grupos: efêmeros, permanentes e intermediários. Para os indicadores efêmeros, as alterações ocorrem em um período de tempo curto ou pelas práticas de cultivo, tais como: umidade, densidade, pH, disponibilidade de nutrientes do solo; os permanentes, que são inerentes ao solo, tais como: profundidade, camadas restritivas, textura, mineralogia; e, entre esses dois extremos, estão os indicadores intermediários. Estes são responsáveis por demonstrar uma crítica influência da capacidade do solo em desempenhar suas funções, atuando como indicadores fundamentais para integrar um índice de qualidade do solo, tais como: agregação, biomassa microbiana, quociente respiratório, carbono orgânico total e ativo (ISLAM & WEIL, 2000). Alguns pesquisadores consideram que para avaliar a qualidade do solo é necessário um conjunto de atributos químicos, físicos e biológicos do solo para a obtenção de um índice confiável (LARSON & PIERCE, 1991).

A matéria orgânica do solo (MOS) apresenta potencial para ser utilizada como atributo-chave da qualidade do solo, pois além de satisfazer o requisito básico de ser sensível a modificações pelo manejo, é fonte primária de nutrientes às plantas, influenciando a infiltração, a retenção de água e a susceptibilidade à erosão (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Ela também atua sobre outros atributos, como ciclagem de nutrientes, complexação de elementos tóxicos e estruturação do solo (CONCEIÇÃO *et. al.*, 2005). Solos tropicais, intensamente intemperizados, apresentam como uma das suas principais características químicas a baixa capacidade de troca de cátions (CTC). Nesses solos, o teor de matéria orgânica tem importância preponderante na CTC efetiva. Entretanto, em algumas situações, em que os sistemas de manejo são recentes, este indicador pode não ser um eficiente discriminador das alterações na qualidade do solo (BAYER *et al.*, 2002).

Dentre os atributos relacionados com a matéria orgânica, o carbono da biomassa microbiana do solo, embora represente uma pequena fração (<5 %), também é considerado um indicador sensível da qualidade do solo (VARGAS & SCHOLLES, 2000). Sua grandeza está relacionada com o teor de MOS, especialmente com a fração particulada. A biomassa microbiana também é

considerada um reservatório de nutrientes pela sua rápida ciclagem, apresentando associação com a fertilidade do solo (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005).

Os microrganismos são os principais seres vivos encontrados no solo que realizam atividades imprescindíveis para a manutenção e sobrevivência das comunidades vegetais e animais (PEREIRA *et al.*, 2007), além de atuarem como principais organismos cimentantes durante o processo de agregação das partículas do solo, pois liberam polissacarídeos de alta viscosidade e substâncias húmicas, que se acumulam como resultado da ação dos organismos heterotróficos sobre a matéria orgânica do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A microbiota é encontrada em comunidades variando de 10^4 a 10^6 organismos por grama deste substrato. Estes fazem parte do grupo de organismos quimiorganotróficos, ou seja, utilizam a energia química e substâncias orgânicas como fonte de carbono e elétrons, além de desempenharem funções importantes como o controle biológico e o aproveitamento orgânico do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

O manejo correto do solo e das culturas pode influenciar na dinâmica populacional dos organismos do solo. Rotação de culturas, cultivos de cobertura e a utilização de resíduos (de culturas) e esterco são práticas que incrementam a matéria orgânica do solo promovendo a diversificação microbiana (GLIESSMANN, 2000). Diferenças quali-quantitativas na comunidade fúngica do solo também podem estar associadas às características ecológicas desses organismos, destacando-se a amplitude de dispersão, o heterotrofismo e a capacidade de sobreviver em condições ambientais adversas (PRADE *et al.*, 2006).

Os fungos do solo precisam ser estudados para se conhecer os indivíduos e a capacidade funcional destes sobre as comunidades, pois possuem características ecológicas peculiares quanto a interações de patogenicidade ou não a plantas, outros grupos de fungos e também a insetos (MATOS *et al.*, 2016).

Aspergillus, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Lecanicillium*, *Alternaria*, *Paecilomyces*, *Mucor* e *Pythium* são comumente registrados no solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006) de florestas, campos, solos arenosos ou áreas cultivadas (WICKLOW & CARROLL, 1983; STAMFORD *et al.*, 2005; DOMSCH *et al.*, 2007) sendo os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* os mais frequentes (BORGES, 2011).

Alguns estudos utilizam a microbiota do solo de áreas de sistemas agroflorestais para, por meio da identificação destes organismos, sua riqueza, diversidade e abundância, avaliar a estruturação da comunidade microbiana do solo e sua qualidade. Num estudo da diversidade de fungos filamentosos sapróbios de solo de floresta e de cinco sistemas de cultivo de café (com

diferentes estruturas biofísicas da vegetação e manejo agrícola) foi observado que a abundância maior ocorreu na área de monocultivo e que ela diminuía de acordo com a diversificação de culturas. Além disso, as comunidades fúngicas apresentaram pequena similaridade o que sugere que diferentes práticas de manejo causaram diferenças na composição das espécies de fungos filamentosos do solo (ARIAS & ABARCA, 2014). Costa *et al.* (2012) ao analisarem a diversidade entre as comunidades fúngicas de solo de um SAF com 16 anos de implantação, um consórcio de macaxeira com 12 anos de implantação e uma Mata Atlântica, observaram que o SAF possuía uma similaridade maior com a Mata Atlântica de sua comunidade fúngica. A comunidade de fungos apresentou composição predominante de espécies raras com padrões de sobreposição de nicho, indicando que a estrutura e manejo do SAF disponibilizou uma diversidade de plantas com diferentes características químicas determinantes da diversificação dos nichos.

As comunidades fúngicas são centrais para a manutenção e operação de solos naturais e agrícolas devido ao seu envolvimento em processos-chave como a estruturação do solo, ciclagem de matéria orgânica e formação de húmus, contribuindo para alterar a disponibilidade de nutrientes e elementos tóxicos no solo (GARBEVA *et al.*, 2004).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREAS DE ESTUDO

Amostras de solo foram coletadas em uma propriedade do Assentamento Chico Mendes III (7°57'27"S 35°06'24"W) com cerca de 3 hectares (Figura 1) e em uma área de Mata Atlântica (Mata São João) (7°57'12"S 35°06'26"W) (Figura 2), localizadas no município de Paudalho, Pernambuco (PE). A fisionomia vegetal da Mata São João corresponde a Floresta Ombrófila Densa Atlântica, que se caracteriza por mata perenifólia (sempre verde), com dossel de até 15 m, com árvores emergentes de até 40 m de altura, além de densa vegetação arbustiva, composta por samambaias arborescentes, bromélias e palmeiras (BRANDÃO *et al.*, 2009). No Assentamento foram estudados dois tipos de policultivos: um SAF e um Consórcio de macaxeira (*Manihot esculenta* Crantz), jerimum (*Curcubita pepo* L.) e quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.).



Figura 1. Propriedade do Assentamento Chico Mendes III em que foram realizadas as coletas de solo, no município de Paudalho, PE. A - Sistema Agroflorestal. C - Consórcio.



Figura 2. Área de Mata Atlântica (Mata São João) em que foram realizadas as coletas de solo, no município de Paudalho, PE.

Os dados de temperatura do ar e precipitação pluviométrica, referentes aos períodos de coleta, foram obtidos no site <http://www.apac.pe.gov.br> da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o Assentamento e a Mata

estudados possuem um clima tropical úmido que é caracterizado por ter altas temperaturas (médias mensais superiores a 18 °C e média anual de 25 °C), baixas amplitudes térmicas, alta umidade relativa do ar e precipitações médias anuais entre 1.500 mm e 2.000 mm (VAZ, 2011).

A composição granulométrica dos solos dos policultivos é predominantemente areia grossa, seguido de areia fina, silte e argila, enquanto que a composição granulométrica do solo da Mata é predominantemente areia grossa seguido de argila, areia fina e silte com valores de argilação natural maior. A classificação textural dos solos do Assentamento é Franco Arenoso e da Mata é predominantemente Franco Arg-Arenoso (Tabela 1).

Tabela 1. Propriedades físicas das amostras de solos de áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica ¹

Sistema de Uso do Solo	Composição granulométrica				Classe Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
Consórcio	50	24	13,67	12,33	Franco Arenoso
Agrofloresta	55,33	24	11,33	12,33	Franco Arenoso
Mata Atlântica	50	17	11,33	21,67	Franco Arg-Arenoso

¹ Análises físicas realizadas pelo Lab.de Física do Solo, Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA).

3.2 COLETA DO SOLO

Amostras de solo foram coletadas a uma profundidade de 5 cm. As coletas foram realizadas em Julho de 2017 e Março de 2018. Foram coletadas cinco amostras de solo por área estudada, sendo que cada amostra foi obtida pela homogeneização de três sub amostras dentro de um quadrante de 5 m² (2,5 × 2,0 m) (COSTA, 2012). Foram identificadas as plantas cultivadas que estavam próximas aos pontos de coleta nos policultivos (Tabela 2). As amostras foram armazenadas em sacos plásticos previamente identificados e transportados para o Laboratório de Fungos Fitopatogênicos e Biocontroladores do Departamento de Micologia, Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco.

As amostras de solo foram utilizadas para análises físico-químicas, isolamento dos fungos filamentosos, determinação da taxa de respiração microbiana.

Tabela 2: Plantas cultivadas nas áreas de policultivos que circuncidavam os pontos de coleta das amostras de solo no Assentamento Chico Mendes III

Ponto de Coleta	Policultivos	
	Agrofloresta	Consórcio
1	Manga (<i>Mangifera indica</i> L.), Pinha (<i>Annona squamosa</i> L.), Goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.), Coco (<i>Cocos nucifera</i> L.), Abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L. Merril).	Jerimum (<i>Curcubita pepo</i> L.)
2	Canela (<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl.), Coco, Goiaba, Inga (<i>Inga</i> sp.).	Jerimum
3	Cana-de-açúcar (<i>Saccharum</i> <i>officinarum</i> L.), Coco e Manga.	Quiabo (<i>Abelmoschus</i> <i>esculentus</i> L.)
4	Açaí (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.), Banana (<i>Musa x paradisiaca</i> L.), Coco, Laranja (<i>C. máxima</i> L × <i>C. reticulata</i> Blanco), Limão (<i>Citrus limon</i> L. Burm.).	Macaxeira (<i>Manihot</i> <i>esculenta</i> Crantz)
5	Acerola (<i>Malpighia</i> <i>punicifolia</i> L.), Laranja, Manga, Pitanga (<i>Eugenia</i> <i>uniflora</i> L.), Seriguela (<i>Spondias purpúrea</i> L.).	Quiabo

3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO

As análises físico-químicas foram realizadas nos Laboratórios de Física e Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

Foram analisadas as seguintes características químicas nas duas coletas realizadas: Ferro (Fe), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Fósforo (P), Potencial de Hidrogênio (pH), Potássio (K), Sódio (Na), Alumínio (Al), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Hidrogênio (H), Matéria Orgânica (M.O) e Capacidade de Troca Catiônica (CTC). Para cada componente químico foram analisadas três amostras compostas (com três subamostras) de cada sistema de uso do solo de cada coleta

totalizando seis repetições. O delineamento foi inteiramente casualizado com três áreas e seis repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância unifatorial e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3.4 ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS FILAMENTOSOS DE SOLO

Para o isolamento dos fungos, de cada amostra de solo, foram adicionados 25 g a um frasco de Erlenmeyer contendo 225 ml de água destilada esterilizada para compor uma suspensão homogênea. As diluições foram efetuadas por meio da transferência de 1 ml da suspensão para um tubo de ensaio contendo 9 ml de água destilada esterilizada, sendo esta considerada a segunda diluição e assim sucessivamente até a terceira diluição (CLARK, 1965). O inóculo se deu por meio da transferência de 1 ml do tubo de diluição para a superfície da placa de Petri contendo Ágar Sabouraud + cloranfenicol (170 mg/ml) + rosa bengala (0,05 ml/L). Para cada diluição foram realizadas três repetições.

As placas foram incubadas a 25 °C por 10 dias. Os resultados de densidade foram expressos em Unidades Formadoras de Colônia por grama de solo (UFC/g solo). Para a avaliação da densidade, o delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (3 × 2), sendo três sistemas de uso do solo (Consórcio, SAF e Mata) e duas épocas de coleta (Julho de 2017 e Março de 2018), com cinco repetições (amostras compostas de solo). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Após o período de 10 dias foi realizada uma triagem em cada placa observando as características morfológicas das colônias e características dos esporos para reduzir a purificação de isolados com aspectos morfológicos iguais na mesma placa. A purificação foi realizada em Ágar Sabouraud + cloranfenicol (170 mg/ml) por repicagens sucessivas até a obtenção das culturas axênicas. Estas foram armazenadas em geladeira (4 °C) até o momento da identificação.

A identificação dos fungos ocorreu por meio de análise de características macroscópicas (coloração, aspecto e diâmetro das colônias) e microscópicas (microestruturas somáticas e reprodutivas), com base em literatura especializada. Para a caracterização e análise das microestruturas empregou-se a técnica de cultura sob lamínula, na qual porções do material fúngico foram transferidas para pontos equidistantes da placa (RIDDELL, 1950).

As microestruturas dos fungos foram analisadas em diferentes tempos de crescimento e as lamínulas foram retiradas do meio de cultura, colocadas invertidas sobre uma lâmina, coradas com

ácido láctico e observadas ao microscópio óptico. Além disso, quando necessário, foi realizada a identificação por sequenciamento gênico utilizando os genes indicados para cada grupo.

O DNA total foi extraído de acordo com o protocolo de extração DNA Wizard Genomic DNA Purification Kit e as reações de amplificação foram feitas utilizando os seguintes componentes: tampão de reação (Tris-HCl pH 8,4; KCl), MgCl₂, dNTPs, primers, Taq DNA polimerase e DNA. Os produtos de PCR foram purificados usando Exosap illustrative enzyme ExoProStar™ 1-Step (GE Healthcare Life Sciences) e sequenciados na Plataforma Multiusuária de Sequenciamento e Expressão Gênica – UFPE.

As espécies novas foram depositadas Coleção de Culturas - MICOTECA URM e o holótipo no Hérbario Pe. Camille Torrend, ambos no Departamento de Micologia da UFPE.

3.5 ÍNDICES ECOLÓGICOS

Para avaliar a diversidade de fungos presentes nas áreas estudadas, foram usados os seguintes índices ecológicos:

Diversidade de Shannon-Wiener (H'):

O índice Shannon-Wiener (H') (SHANNON & WEAVER, 1949) foi calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$H' = - \sum p_i (\log p_i)$$

Onde:

N = número total de indivíduos amostrados;

n_i = número de indivíduos amostrados do grupo taxonômico i;

ln = logaritmo neperiano.

O termo indivíduo representa as unidades formadoras de colônias (UFC) obtidas no isolamento de fungos filamentosos dos solos sob diferentes usos.

Equitabilidade de Pielou (J'):

A equitabilidade de Pielou (J) foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$J = \frac{H'}{H_{\max}'}$$

Onde:

H' máximo é a diversidade máxima possível que pode ser observada se todas as espécies de fungos filamentosos apresentarem igual abundância.

$H' = \log S$, onde: S = número total de espécies de fungos amostradas (PIELOU, 1977).

O índice de equitabilidade de Pielo varia de 0 (menor uniformidade) a 1 (maior equitabilidade).

Dominância de Berger-Parker (d):

A Dominância de Berger-Parker foi calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$d = \frac{N_{\max}}{N_T}$$

Onde:

N_{\max} : é o número de UFC da espécie mais abundante;

N_T : é o número total de UFC na amostra.

Os índices de H' , J' , d calculados por meio do software Past (HAMMER *et al.*, 2001).

Riqueza de Espécies:

A riqueza de espécie consiste no número total de espécies (S) de fungos filamentosos em uma comunidade.

Similaridade de Sørensen:

O índice de Similaridade de Sørensen foi calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$CCS = \frac{2 \cdot c}{a + b}$$

Onde:

a = número de espécies da área A;

b = número de espécies da área B;

c = número de espécies comuns em A e B.

A similaridade de Sorensen (DICE) e construção de dendograma pelo método de agrupamento *Unweighted Pair Group Method with Arithmetical Avergence* (UPGMA) foi realizado

utilizando o software NTSYS-pc package version 2.1 m (*Numerical Taxonomy System of Multivariate Programs*) (ROHLF, 2000).

3.6 TAXA DE RESPIRAÇÃO MICROBIANA DO SOLO

A respiração microbiana (RM) do solo foi determinada por meio da quantificação do dióxido de carbono (CO₂) liberado no processo de respiração em quinze dias de incubação (GRISI, 1978). De cada amostra de solo tratada (ou seja, previamente peneirados para retirar material vegetal e animal visível), 50 g foram pesados e colocados no fundo de recipientes de vidro. Em seguida foram adicionados dois recipientes plásticos (tipo filme fotográfico), um contendo 15 ml de água destilada esterilizada, para manutenção da umidade, e outro contendo 10 ml KOH (0,5 N) para captação do CO₂. Como controle, foram montados dois recipientes apenas com o KOH e a água destilada esterilizada, sem o solo. Os frascos foram fechados e vedados com parafilme e incubados por 14 dias. Após o período de incubação, o conteúdo dos recipientes contendo KOH foi transferido para frascos de Erlenmeyer para o procedimento de titulação.

Para a quantificação do CO₂, duas gotas de fenolftaleína (1%) foram adicionadas ao KOH 0,5 N, tornando a coloração rosa e titulando com HCl 0,5 N até a mudança para incolor, anotando a quantidade de HCl utilizada. Sequencialmente, foram adicionadas duas gotas de alaranjado de metila (0,1%) tornando a coloração amarelada e novamente foi titulada com HCl até a viragem para salmão, anotando-se a quantidade de HCl gasta.

Os valores de HCl foram aplicados à fórmula:

$$mg\ CO_2 = (VAM\ amostra - VF\ amostra) - (VAM\ branco - VF\ branco) \times 5,866$$

Onde: VAM= volume gasto de HCl na titulação com alaranjado de metila

VF= volume gasto de HCl na titulação com fenolftaleína

5,866= normalidade do HCl × Equivalente grama do CO₂ × 2 × 3/4.

Os resultados foram expressos em: mg CO₂ g⁻¹ solo seco h⁻¹.

Para a avaliação da respiração microbiana (RM), o delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (3 x 2), sendo três sistemas de uso do solo (Consórcio, SAF e Mata) e duas épocas de coleta (Julho de 2017 e Março de 2018), com cinco repetições (amostras compostas de solo). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3.7 TEOR DE UMIDADE DOS SOLOS

O teor de umidade dos solos foi determinado pelo método tradicional de secagem em estufa, que consistiu na retirada de 5 g de cada amostra de solo tratada colocadas em placas de Petri, pesadas e postas para secar na estufa a uma temperatura de aproximadamente 105 °C. Após 01h00min as amostras secas foram pesadas novamente e os resultados foram aplicados na seguinte fórmula para se obter o teor de umidade:
$$U\% = \left[\frac{Pu - Ps}{Ps} \right] * 100$$

Onde: U% = Teor de umidade da amostra;

Pu = Peso úmido da amostra;

Ps = Peso seco da amostra.

Para a avaliação do teor de umidade do solo, o delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (3 x 2), sendo três sistemas de uso do solo (Consórcio, SAF e Mata) e duas épocas de coleta (Julho de 2017 e Março de 2018), com cinco repetições (amostras compostas de solo). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

Os valores de pH foram maiores nos solos das áreas de policultivos (Consórcio e SAF), diferindo do solo da Mata Atlântica (Mata São João) (Tabela 3). O pH observado na Mata Atlântica (Mata São João) é mais ácido (pH = 4,5) que nas áreas de policultivos. Segundo Tomé Júnior (1997), valores de pH iguais ou menores que cinco são considerados muito ácidos. Solos ácidos são comuns nas regiões sob condições tropicais onde a precipitação pluviométrica é grande, lixiviando os elementos alcalinos das camadas superiores pelas águas contendo CO₂, sendo substituídos nos coloides dos solos pelos íons H (RONQUIM, 2010). Os fungos filamentosos e as leveduras são mais tolerantes as variações de pH e crescem bem em pH de 5 a 6 sendo bem adaptados a pH menor que 5 (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Tabela 3. Análise físico-química das amostras de solos de áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) no Assentamento Chico Mendes III e Mata Atlântica

Área	pH	MO ⁺	C ⁺	P ^{**}	Ca [*]	Mg [*]	Na [*]	K [*]	Al [*]	H [*]	S [*]	CTC [*]	V ⁺	m ⁺
Cons	5,4 a	2,21 ab	1,29 ab	16,34 a	1,76 a	0,88 a	0,07 a	0,07 b	0,22 b	5,3 b	2,8 a	8,3 ab	34 a	7,5 b
Agro	5,33 a	1,73 b	1,00 b	13,7 a	1,29 a	0,78 a	0,07 a	0,1 b	0,22 b	4,7 b	2,3 a	7,2 b	31 a	8,5 b
Mata	4,50 b	2,74 a	1,59 a	2,66 b	1,06 a	0,68 a	0,05 a	0,17 a	1,1 a	7,3 a	2,0 a	10,37 a	19 b	37,33 a

* cmolc/dm³

** mg/dm³

+ (%)

CTC: Capacidade de Troca Catiônica;

V: Saturação por Bases;

M: Saturação por Alumínio.

Os valores de matéria orgânica (MO) e C do solo da Mata Atlântica foram maiores que o solo da Agrofloresta (Tabela 3). A Mata Atlântica naturalmente recebe incorporação de matéria orgânica devido ao decaimento das folhas e de troncos de árvores e dos excrementos. O SAF também recebe incorporação de MO por meio dos mesmos processos que a Mata Atlântica, no entanto possui seis anos de implantação e não atingiu o clímax do processo de sucessão ecológica. Solos ácidos aumentam a capacidade de decomposição da MO, sendo as fontes de C absorvidas com maior eficiência pelos organismos colonizadores do solo (CARVALHO, 2012). A MO do solo da área de Consórcio foi igual ao da Mata e do SAF (Tabela 3), uma vez que a agricultora faz a incorporação de cobertura morta e plantas espontâneas capinadas, principalmente na primeira coleta. A incorporação da cobertura morta afeta a temperatura, umidade, aeração e distribuição da matéria orgânica na camada arável do solo. Solos com teor elevado de MO tendem a manter a população microbiana mais estável ao longo de um período, provavelmente em decorrência da riqueza de nichos ecológicos e heterogeneidade das fontes de carbono (GRAYSTON *et al.*, 2001).

A análise química dos solos demonstrou que os valores de K, alumínio (Al) e H e saturação por alumínio (m) foram maiores na Mata Atlântica. O fósforo (P) e saturação por bases (V) foram menores na Mata Atlântica (Tabela 3). Os elementos químicos do solo são parte integrante dos processos vitais dos microrganismos. Alguns deles como P, K e H são usados como catalisadores de reações bioquímicas, estabilizadores de proteínas e mantenedores do equilíbrio osmótico da célula, além de estabilizar os nichos (KUZYAKOV & BLAGODATSKAYA, 2015).

4.2 DETERMINAÇÃO DA RESPIRAÇÃO MICROBIANA DOS SOLOS

As taxas de respiração microbiana (RM) observadas entre os solos dos policultivos e da Mata não diferiram na primeira coleta. Vale ressaltar que a área de Mata Atlântica apresenta um declive e que ocorreu uma alta precipitação na primeira coleta (Figura 3) o que pode ter provocado erosão do solo e conseqüentemente, perda de MO e redução da atividade microbiana. Na segunda coleta, a taxa de RM do solo da Mata foi maior que das áreas dos policultivos e estas duas últimas não diferiram entre si (Tabela 4).

Nas três áreas estudadas, a RM foi maior na segunda coleta e a umidade relativa do solo foi menor (Tabela 4). Foram observadas uma maior precipitação e temperaturas mais baixas na primeira coleta (Figura 3) e também maior umidade do solo (Tabela 4). Esses fatores podem ter contribuído para a diminuição dos valores de RM na primeira coleta. O alto conteúdo de água do solo influencia o fluxo de CO₂, tanto por meio de um efeito físico de real impedimento à passagem

do CO₂ até atingir a interface solo-atmosfera, quanto pela redução da atividade respiratória aeróbia, que é a principal responsável pela produção de CO₂ nos solos (Sotta *et al.*, 2004). O resultado da RM deste estudo é semelhante ao de Silveira (2007) que observou um menor valor em área de sistema agrícola convencional e maior valor em área nativa, obedecendo um gradiente da RM em relação a diversificação de culturas. Segundo Costa *et al.* (2012) a precipitação pluviométrica, a temperatura do ar e a umidade são parâmetros abióticos que influenciam no perfil de microrganismos colonizadores do solo.

A elevada taxa de respiração microbiana possibilita a mineralização da matéria orgânica do solo. A incorporação de matéria orgânica no ambiente influencia a atividade microbiana do solo devido a necessidade de quebra dos resíduos em nutrientes assimilativos que são integrados a teia trófica do solo sustentando a proliferação microbiana (BINI & LOPEZ, 2016). Por fim, a maior liberação de CO₂ na Mata Atlântica pode ter relação com a constante incorporação de resíduos, com acúmulo de matéria orgânica em frações lábeis, ocorrendo uma alta atividade biológica para a decomposição desse material.

Tabela 4. Respiração microbiana e teor de umidade das amostras de solos coletados em Julho de 2017 (1^o coleta) e Março de 2018 (2^o coleta) em áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica¹

Sistema de Uso do Solo	ug C-CO ₂ g solo seco.d m ³ solo ⁻¹		Umidade relativa do solo (%)	
	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a
Consórcio	20,94 aB	30,64 bA	26,48 aA	4,8 aB
Agroflorestal	21,30 aB	34,48 bA	18,88 aA	7,2 aB
Mata Atlântica	31,61 aB	49,50 aA	20,84 aA	8,1 aB

¹ As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

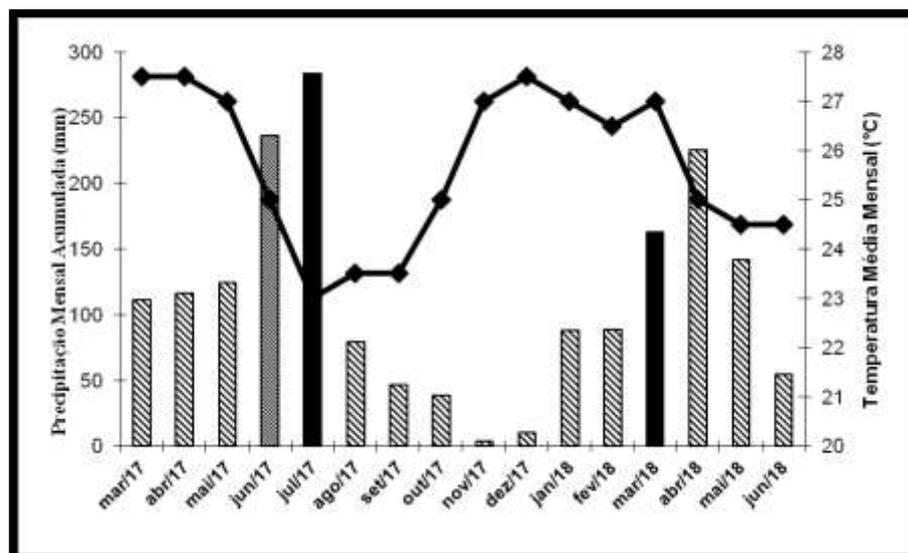


Figura 3. Precipitação e temperatura média da primeira coleta (Jul/2017) e segunda coleta (Mar/2018) de amostras de solo em áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica, no município de Paudalho – PE

4.3 COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DOS FUNGOS FILAMENTOSOS DO SOLO

A densidade média de fungos filamentosos encontrados no solo da Mata Atlântica foi menor que as áreas de policultivos na primeira coleta (Tabela 5). Como mencionado anteriormente, a área de coleta do solo da Mata Atlântica é íngreme, o que pode ter colaborado para uma menor densidade de fungos na primeira coleta, que teve volume de precipitação maior. O mesmo não foi observado na segunda coleta em que a precipitação foi menor, sendo que os valores de densidade dos fungos presentes nos solos das três áreas estudadas foram iguais. Assim como observado para RM, a densidade de fungos do solo da Mata foi maior na segunda coleta.

O resultado avaliado na Mata Atlântica é similar ao encontrado por Silva *et al.* (2010) que verificou que a densidade de fungos em solo de Floresta Amazônica aumenta em períodos de menor pluviosidade. Quanto maior a precipitação pluviométrica em solos permanentemente cobertos por vegetação, maior a carga de lixiviação reduzindo componentes do solo e refletindo na diminuição das comunidades fúngicas (COSTA *et al.*, 2012).

O número de espécies fúngicas isoladas do solo do Consórcio foi maior na primeira coleta, porém estas espécies estavam distribuídas em uma quantidade de gêneros semelhantes (9 para Consórcio, 10 para Agrofloresta e Mata Atlântica). Todavia, na segunda coleta, o número de espécies isoladas do solo do Consórcio foi menor que a Agrofloresta e a Mata e o maior número de espécies e gêneros foram observados na Mata Atlântica (Tabela 4). A incorporação de cobertura

morta ao solo, realizada entre Junho e Julho de 2017, contribuiu para que a riqueza de espécies isoladas de solo do Consórcio na primeira coleta fosse maior que nas outras áreas estudadas, pois, ocorreu uma oferta de matéria orgânica aos microrganismos deste ambiente. Esse manejo não foi realizado pela agricultora antes da segunda coleta, contribuindo para que o número de espécies isoladas do solo da área de Consórcio fosse menor. Segundo Costa *et al.* (2012) o número de espécies de fungos encontrados em uma monocultura de macaxeira foi maior no período de estiagem do que no período chuvoso devido a incorporação de cobertura morta sobre o solo, aumentando a demanda de microrganismos decompositores. A quantidade de espécies encontradas no solo da Agrofloresta (20 na primeira coleta e 25 na segunda coleta) é próxima à encontrada Tangjang *et al.* (2009), que isolaram 22 espécies de fungos filamentosos de solo de três áreas de sistema agroflorestal localizadas no nordeste indiano.

Assim como a respiração microbiana, a comunidade fúngica recebeu interferência direta da disponibilidade de suprimento no solo. As condições do ambiente influenciam, por meio dos fatores bióticos e abióticos, os microrganismos podendo estimular ou inibir a atividade dos grupos ecológicos (CASSETARI *et al.*, 2016).

Tabela 5. Densidade de fungos filamentosos (Unidades Formadoras de Colônia $\times 10^3$ g solo⁻¹) - gêneros e espécies - isolados de solo coletados em Julho de 2017 (1^o coleta) e Março de 2018 (2^o coleta) em áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica ¹

Área	¹ Densidade Média		Espécies		Gêneros	
	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a
Consórcio	14,33 aA	18,8 aA	25	17	9	11
Agrofloresta	18,53 aA	11,73 aA	20	25	10	12
Mata Atlântica	9,6 bB	17,73 aA	18	30	10	17

¹ Corresponde ao total de colônias encontradas nas placas de Petri em triplicadas. As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Foram identificados 108 espécimes de fungos filamentosos do solo nas duas coletas realizadas, sendo 94,92% das espécies pertencentes ao grupo de Ascomycetos, 2,54% de Mucoromicetos e 2,54% de Basidiomicetos (Tabela 6). Em três anos (13 coletas) Schoenlein-Crusius *et al.* (2006) avaliaram a microbiota de diferentes substratos em Mata Atlântica localizada no município de Cubatão, São Paulo. Do solo, estes autores isolaram 36 espécimes de Mucoromicetos e 43 fungos anamorfos (ascomycetos e basidiomicetos). Costa *et al.* (2012) estudaram três áreas de diferentes usos do solo (monocultura de macaxeira, SAF e Mata Atlântica)

em duas coletas e isolaram 84 espécimes de fungos, sendo oito espécies de Mucoromicetos e 76 espécies de fungos anamorfos (Ascomicetos e Basidiomicetos). Em ambos estudos citados, assim como neste, os gêneros mais abundantes foram *Penicillium* e *Aspergillus*.

As espécies que ocorreram nas áreas de policultivos foram: *Aspergillus aculeatus*, *A. niveus*, *A. terreus*, *Arcopilus cupreus*, *Fusarium solani*, *Gongronella butleri*, *Paecilomyces lilacinus*, *Penicillium janthinellum*, *Talaromyces pinophilus* e *T. verruculosus*. Apenas duas ocorreram nas áreas de policultivos e na Mata Atlântica (*Penicillium citrinum* e *P. tanzanicum*) (Tabela 6).

Na primeira coleta, *A. brevipes*, *P. vinaceum* e *A. fructus* predominaram no solo da área do Consórcio, *P. citrinum*, *Penicillium* sp. 6, *Gongronella butleri* na Agrofloresta e *Gliocladiopsis mexicana*, *Arthrimum* sp e *Circinella simplex* na Mata Atlântica. Na segunda coleta, *Scopulariopsis* sp., *Fusarium pernambucanum* e *A. terreus* predominaram no solo da área do Consórcio, *Penicillium* sp. 1, *T. verruculosus* e *Plectosphaerella delsorboi* na Agrofloresta e *P. penajorensis*, *A. brevijanans*, e *Pithoascus stoveri* na Mata Atlântica (Tabela 6). Espécies destes gêneros são consideradas habitantes comuns do solo e podem ocorrer em solos de florestas nativas, campos, solos arenosos e áreas cultivadas (ELLIS, 1976; DOMSCH *et al.*, 1993). No entanto, a distribuição da comunidade fúngica do solo está relacionada com o clima, vegetação e qualidade da matéria orgânica do solo.

Os gêneros com maior riqueza de espécies, independente da área de registro, foram *Penicillium* (33 morfoespécies), *Aspergillus* (20), *Talaromyces* e *Trichoderma* (6 morfoespécies cada um) e *Fusarium* (4) (Figura 4).

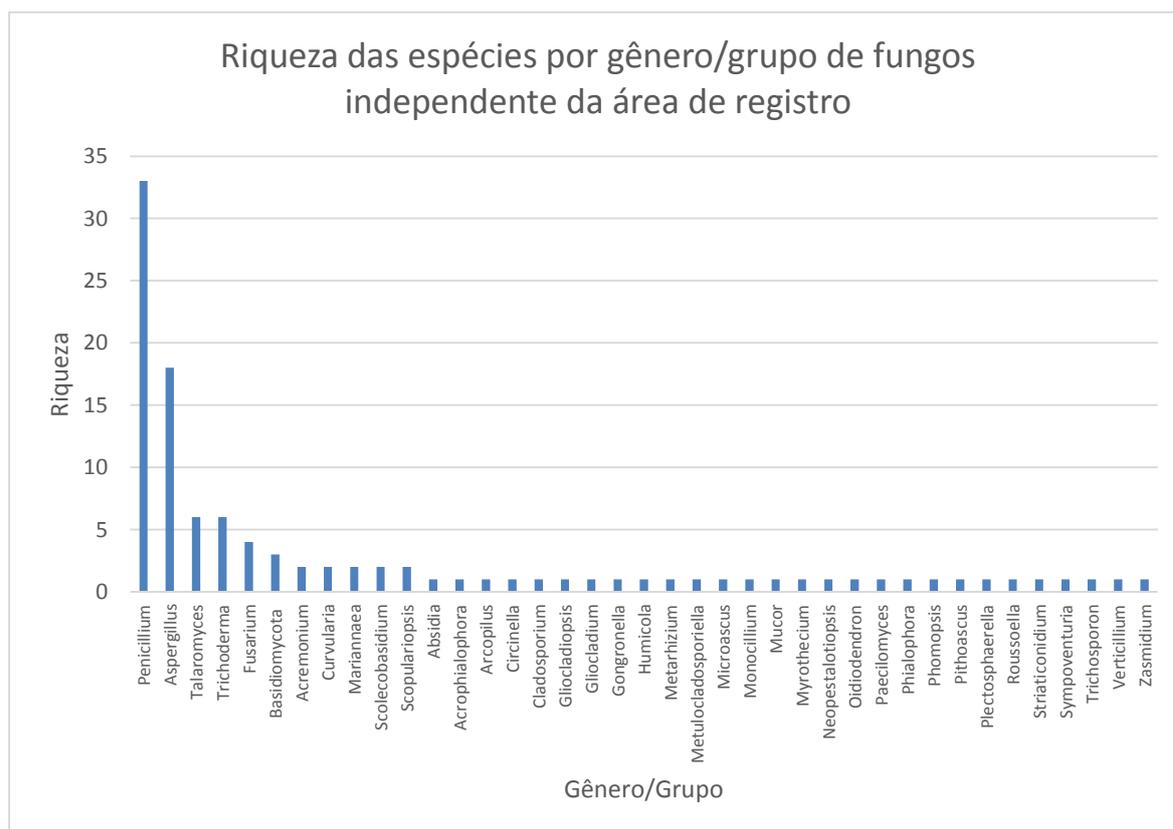


Figura 4. Total de espécies por gênero de fungos, independente da área de registro

As espécies de *Penicillium* com maior ocorrência foram *P. vinaceum*, *P. citrinum*, *P. penajorense* e *Penicillium* sp. 1. As espécies de *Aspergillus* foram *A. brevipes*, *A. fructus*, *A. terreus* e *A. brevijanans* (Tabela 6). *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. (Eurotiales, Eurotiomycetes) foram isoladas em amostras de solo de vinhedos agroecológicos (RECH *et al.*, 2013), culturas integradas de amora, framboesa e mirtilo (PINOTTI *et al.*, 2011) e de *Citrus* spp. (PRADE *et al.*, 2007) no sul do Brasil, bem como em sistema agroflorestal multiestratificado em Pernambuco (COSTA *et al.*, 2012). São produtoras de enzimas hidrolíticas que conferem maior capacidade para usar diferentes substratos no solo. Assim, predominam sobre outras populações fúngicas que utilizam apenas substratos específicos ou substâncias lábeis (GOMEZ *et al.*, 2007). Estes gêneros possuem capacidade de colonizar substratos diversificados devido a produção de metabólitos secundários, envolvidos na decomposição de matéria orgânica no solo e antagonistas de espécies de fitopatógenos (BORGES *et al.*, 2011; CRUZ *et al.*, 2013).

Penicillium citrinum foi um dos fungos comuns a todas as áreas, embora não predominante. Esta espécie tem distribuição mundial e ocorre comumente em solos tropicais e subtropicais, refletindo sua temperatura máxima ideal de crescimento (37 °C). Além de comumente ocorrer no solo, *P. citrinum* também é relatado como endófito de plantas, em raízes e folhas. Nesse sentido, a

interação benéfica para a planta por meio de *P. citrinum* é o uso de giberelinas que o fungo produz, aumentando o crescimento do caule (KHAN *et al.*, 2008). Outros reguladores de crescimento de plantas, como a citrinolactonas A e esclerotinina C, também já foram isolados de *P. citrinum* (KURAMATA *et al.* 2007).

Tabela 6. Fungos filamentosos isolados de solos de áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica. Números expressos em Unidades Formadoras de Colônia $\times 10^3$ g solo⁻¹

Filo/Gêneros/Espécies de Fungos	Área					
	Mata		Agrofloresta		Consórcio	
	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a
<i>Absidia</i> sp	-	0,07	-	-	-	-
<i>Acremonium bacillisporum</i>	-	-	0,13	-	-	-
<i>Acremonium ochraceum</i>	-	0,07	-	-	-	-
<i>Acrophialophora fusispora</i>	-	-	-	-	-	0,53
<i>Arthrinium</i> sp	1,53	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus aculeatus</i>	-	-	-	0,20	-	0,07
<i>Aspergillus alabamensis</i>	-	-	-	-	0,07	-
<i>Aspergillus amoenus</i>	-	-	1,47	-	-	-
<i>Aspergillus bombycis</i>	-	0,07	-	-	-	-
<i>Aspergillus brevijanous</i>	-	3,73	-	-	-	-
<i>Aspergillus brevipes</i>	-	-	-	-	5,00	-
<i>Aspergillus conjunctus</i>	-	0,07	-	-	-	-
<i>Aspergillus fructus</i>	-	-	-	-	1,60	-
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0,53	-	-	-	0,27	-
<i>Aspergillus giganteus</i>	-	0,33	-	-	-	-
<i>Aspergillus hortae</i>	-	-	-	0,67	-	-
<i>Aspergillus niger</i>	-	-	-	0,47	-	-
<i>Aspergillus niveus</i>	-	-	-	0,07	-	0,47
<i>Aspergillus</i> sp. 1	-	-	-	-	0,07	-
<i>Aspergillus</i> sp. 2	0,20	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus</i> sp. 3	-	0,13	-	-	-	-
<i>Aspergillus sydowii</i>	-	0,07	-	-	0,67	-
<i>Aspergillus terreus</i>	-	-	0,80	-	0,33	3,13
<i>Basidiomycota</i> 1	-	-	-	-	0,07	-
<i>Basidiomycota</i> 2	-	-	-	-	0,07	-
<i>Basidiomycota</i> 3	-	-	-	-	-	0,13
<i>Arcopilus cupreus</i>	-	-	-	0,13	-	1,33
<i>Circinella simplex</i> .	1,13	0,27	-	-	-	-
<i>Cladosporium</i> sp. 1	-	-	0,07	-	-	-
<i>Curvularia lunata</i>	-	0,13	-	-	-	0,07
<i>Curvularia</i> sp. 1	-	-	0,07	-	-	-
<i>Fusarium coeruleum</i>	-	-	-	-	-	0,33
<i>Fusarium oxysporum</i>	-	-	0,13	-	-	-

<i>Fusarium solani</i>	-	-	0,67	0,07	-	-
<i>Fusarium pernambutanum</i>	-	-	-	-	-	3,93
<i>Gliocladiopsis mexicana</i>	1,60	-	-	-	-	-
<i>Gliocladium virens</i>	-	-	-	0,13	-	-
<i>Gongronella butleri</i>	-	-	3,07	-	0,87	0,20
<i>Humicola fuscoatra</i>	0,67	-	-	-	-	-
<i>Mariannaea terricola</i>	0,07	-	-	-	-	-
<i>Mariannaea atlantica</i>	0,13	-	-	-	-	-
<i>Metulocladosporella musicola</i>	-	-	-	0,20	-	-
<i>Microascus verrucosus</i>	-	0,07	-	-	-	-
<i>Monocillium sp.</i>	-	-	-	0,13	-	-
<i>Mucor laxorrhizus</i>	-	0,07	-	-	-	-
<i>Myrothecium advena</i>	-	0,07	-	-	-	-
<i>Neopestalotiopsis aotearoa</i>	-	-	0,53	-	-	-
<i>Oidiodendron sp.</i>	-	0,13	-	-	-	-
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	-	-	0,13	-	0,13	-
<i>Penicillium brefeldianum</i>	-	-	-	-	0,07	-
<i>Penicillium cataractarum</i>	-	-	-	0,13	-	-
<i>Penicillium citrinum</i>	0,80	0,27	4,47	-	0,13	-
<i>Penicillium spn1</i>	-	-	-	0,13	-	-
<i>Penicillium giganteum</i>	-	-	0,07	-	-	-
<i>Penicillium janthinellum</i>	-	-	0,67	0,47	1,33	-
<i>Penicillium javanicum</i>	-	-	-	-	0,07	-
<i>Penicillium lividum</i>	0,67	-	-	-	-	-
<i>Penicillium macrosclerotiorum</i>	-	0,27	-	-	-	-
<i>Penicillium menonorum</i>	-	-	-	-	-	0,07
<i>Penicillium penarojense</i>	-	7,40	-	-	-	-
<i>Penicillium pullum</i>	0,13	0,53	-	-	-	0,13
<i>Penicillium restrictum</i>	-	-	0,07	-	-	-
<i>Penicillium simplicissimum</i>	0,07	-	-	-	-	-
<i>Penicillium singorensis</i>	-	-	-	-	-	1,00
<i>Penicillium sp. 1</i>	-	-	2,53	-	-	-
<i>Penicillium sp. 2</i>	-	-	0,53	-	-	-
<i>Penicillium sp. 3</i>	-	-	0,33	-	-	-
<i>Penicillium sp. 4</i>	-	-	-	0,27	-	-
<i>Penicillium sp. 5</i>	-	-	-	0,07	-	-
<i>Penicillium sp. 6</i>	-	-	-	3,27	-	-
<i>Penicillium sp. 7</i>	-	-	-	0,27	-	-
<i>Penicillium sp. 8</i>	-	-	-	0,13	-	-
<i>Penicillium sp. 9</i>	-	-	-	-	0,07	-
<i>Penicillium sp. 10</i>	-	-	-	-	0,07	-
<i>Penicillium sp. 11</i>	-	0,40	-	-	-	-
<i>Penicillium sp. 12</i>	-	0,07	-	-	-	-
<i>Penicillium sp. 13</i>	-	-	-	-	-	0,40
<i>Penicillium sumatraense</i>	0,13	-	-	-	-	-

<i>Penicillium tanzanicum</i>	-	0,53	2,53	0,27	0,13	-
<i>Penicillium vanderhammenii</i>	0,40	-	-	-	-	-
<i>Penicillium verruculosum</i>	0,40	-	-	-	-	-
<i>Penicillium vinaceum</i>	-	-	-	-	1,67	-
<i>Phialophora</i> sp.	-	-	-	-	0,13	-
<i>Phomopsis archeri</i>	-	-	-	0,20	-	-
<i>Pithoascus stoveri</i>	-	1,13	-	-	-	-
<i>Plectosphaerella delsorboi</i>	-	-	-	1,27	-	-
<i>Roussoella euonymi</i>	-	0,33	-	-	-	-
<i>Scolecobasidium constrictum</i>	-	-	-	-	0,13	-
<i>Scolecobasidium humicola</i>	-	0,20	-	-	-	-
<i>Scopulariopsis brumptii</i>	-	-	-	-	0,07	-
<i>Scopulariopsis</i> sp.	-	-	-	-	-	6,73
<i>Striaticonidium cinctum</i>	-	-	-	0,13	-	-
<i>Sympoventuria capensis</i>	0,27	-	-	-	-	-
<i>Talaromyces aculeatus</i>	-	0,40	-	-	-	-
<i>Talaromyces flavus</i>	-	-	-	-	0,27	-
<i>Talaromyces fuscoviridis</i>	-	-	-	-	1,00	-
<i>Talaromyces pinophilus</i>	-	-	0,20	0,33	-	0,20
<i>Talaromyces siamensis</i>	-	-	-	-	0,07	-
<i>Talaromyces verruculosus</i>	0,07	-	0,07	2,27	-	-
<i>Trichoderma hamatum</i>	-	-	-	-	-	0,07
<i>Trichoderma longifialidicum</i>	-	0,20	-	-	-	-
<i>Trichoderma piluliferum</i>	0,47	-	-	-	-	-
<i>Trichoderma</i> sp. 1	-	-	-	0,47	-	-
<i>Trichoderma</i> sp. 2	-	0,27	-	-	-	-
<i>Trichoderma velutinum</i>	-	0,33	-	-	-	-
<i>Trichosporon</i> sp.	-	0,07	-	-	-	-
<i>Verticillium chlamydosporium</i>	-	0,07	-	-	-	-
<i>Zasmidium musicola</i>	0,40	-	-	-	-	-
TOTAL	9,67	17,75	18,54	11,75	14,36	18,79

Scopulariopsis (Microascales, Sordariomycetes) foi inicialmente descrito por Bainier (1907) e atualmente compreende espécies com uma distribuição mundial que são comumente isoladas do solo, ar, detritos vegetais e esterco (DOMSCH *et al.*, 2007), atuando como decompositores de matéria orgânica, controladores de pragas e patógenos de plantas (LI *et al.*, 2017). Além disso, algumas espécies têm sido descritas como colonizadores ou patógenos de insetos e mamíferos, incluindo humanos (IWEN *et al.*, 2012; SANDOVAL-DENIS *et al.*, 2013).

Fusarium (Hypocreales, Sordariomycetes) é encontrado no solo crescendo em diversos tipos de substratos, com relação patogênica ou não com plantas, animais e outros microrganismos. São isolados em diversas condições climáticas, sendo predominantes em ambientes temperados e

tropicais (SUMMERELL & LESLIE, 2011). *Fusarium* spp. são comumente descritas como controladoras de insetos caracterizados como entomopatogênicos que invadem partes ou todo o corpo do hospedeiro ainda vivo, através de feridas ou não, liberando toxinas e debilitando o inseto (TEETOR-BARSCH & ROBERTS, 1983). *Fusarium pernambucanum* é um representante do complexo de espécies de *Fusarium incarnatum-equiseti*. De acordo com Summerell e Leslie (2011) algumas espécies são comuns no solo e ocorrem em todas as regiões do mundo. Atuam tanto como patógeno de plantas como controladores de insetos ou microrganismos patógenos de plantas. No entanto, não foram identificados sintomas de doenças causadas por *Fusarium* nas culturas do Consórcio. O manejo adequado de fontes de matéria orgânica pode induzir supressividade nos solos, pelo desenvolvimento de fungos controladores de outros microrganismos, os quais atuam nos processos de decomposição da matéria orgânica do solo (MATOS *et al.*, 2016).

Gongronella butleri (Mucorales, Mucoromycetes) é comumente isolado de solos florestais e agrícolas, principalmente entre os trópicos (DOMSCH *et al.*, 1993).

Plectosphaerella delsorboi (Glomerellales, Sordariomycetes) foi descrita por Antignani, Gams e Marziano (2008) como patógeno de Açafão-da-conchichina (*Curcuma alismatifolia* Gagnep). Este fungo foi relatado em um consórcio de salsa (*Petroselinum sativum* Hoffm.) e manjerição (*Ocimum basilicum* L.) em uma horta na Itália causando perda das culturas. Durante o experimento de patogenicidade, a mesma foi introduzida em solo estéril próximo às raízes de salsa e manjerição e causou necrose enegrecida no caule e escurecimento das raízes. As espécies deste gênero parecem desenvolver algum grau de patogenicidade em plantas herbáceas, todavia sua ecologia é pouco conhecida (RAIMONDO & CARLUCCI, 2018). *P. delsorboi* ocorreu em todos os pontos de coleta de solo da Agrofloresta deste estudo, no entanto não foram observados sintomas de infecção da espécie nas culturas presentes na área.

Gliocladiopsis mexicana (Hypocreales, Sordariomycetes) foi isolada de amostras de solos do México. Espécies de *Gliocladiopsis* sp. são frequentemente isoladas de raízes de plantas doentes e de resíduos de plantas do solo, no entanto pouco se sabe sobre sua ecologia em ecossistemas ou o seu potencial em causar patogenicidade às plantas (LOMBARD & CROUS, 2012). *Gliocladiopsis mexicana* ocorreu em todos os pontos de coleta de amostras de solos da Mata Atlântica deste estudo.

Arthrinium (Incertae sedis, Sordariomycetes) é um gênero cosmopolita, que geralmente ocorre como um sapróbio em gramíneas e também como endofítico ou fitopatógeno em folhas, caules e raízes de uma variedade de diferentes substratos vegetais (CROUS & GROENEWALD, 2013).

Circinella simplex (Mucorales, Mucoromycetes) é considerado um fungo cosmopolita e é capaz de colonizar substratos ricos em matéria orgânica. Espécies do gênero *Circinella* podem degradar fontes de carbono que variam de açúcares simples a pectinas, hemiceluloses, lipídios e proteínas no substrato, facilitando a assimilação destes materiais na cadeia trófica para outros organismos (DOMSCH *et al.*, 2007).

Pithoascus stoveri (Microascales, Sordariomycetes) foi descrito por Arx (1973). Espécies de *Pithoascus* foram relatadas colonizando a superfície de solos agrícolas (SCHMIDT *et al.*, 2018) e de solos de florestas (ABBOTT *et al.*, 2002), participando da decomposição de matéria orgânica proveniente de restos vegetais.

Talaromyces verruculosus (Eurotiales, Eurotiomycetes) é frequentemente isolado de solos dos mais variados ecossistemas, devido ao baixo nível nutricional requisitado e ao seu potencial enzimático (COSTA *et al.*, 2012; CRUZ *et al.*, 2013), participando de ciclos biogeoquímicos. *Talaromyces* foi descrito em 1955 por Benjamin como fase sexuada de *Penicillium* sp, no entanto informações filogenéticas mostraram que *Talaromyces* sp. forma um clado monofilético distinto de *Penicillium* sp. *Talaromyces* é relatado como agente de controle biológico de patógenos do solo (GOHEL *et al.*, 2006) que acometem culturas como a do tomate, da batata e do algodão (NARAGHI *et al.*, 2010; 2012).

Trichoderma é comumente isolado de diferentes tipos de solo devido a sua capacidade de se adaptar a várias condições ecológicas. São comumente encontrados no solo saprofiticamente sobre cascas de madeira e outros substratos, interagindo com animais, plantas e outros microrganismos (HOLZLECHNER *et al.*, 2016). Produtos biológicos a base de *Trichoderma* são amplamente comercializados, devido a sua capacidade de indução de defesa das plantas contra patógenos e de controle biológico (MUKHERJEE *et al.*, 2013). Este gênero foi comum entre os solos das áreas estudadas, no entanto apenas um isolado ocorreu na área de Consórcio. Espécies de *Trichoderma* sp. apresentam alta afinidade com rizosferas sendo atraídas por exudatos liberados das raízes e, em troca, protegem-nas de patógenos (YEDIDIA *et al.*, 1999). Este fato pode estar relacionado à ocorrência de *Trichoderma* sp. em maior densidade nas áreas com maior diversificação de plantas.

Metulocladosporiella musicola (Chaetothyriales, Eurotiomycetes) é agente causal da doença mancha de *Cladosporium* na bananeira. Esta doença ocorre na maioria dos países onde a banana é cultivada (JONES, 2000). Embora a doença seja geralmente considerada insignificante na Agrofloresta de onde foi isolada, ela pode ser grave dependendo do modo de cultivo. Este fungo produz lesões marrom-escuras e é capaz de colonizar totalmente a superfície foliar fotossintética causando morte do hospedeiro (SURRIDGE *et al.*, 2003). Esta espécie foi encontrada com baixa

densidade na área de Agrofloresta em pontos próximos à bananeira. No entanto, não foi observada a perda das bananeiras da Agrofloresta estudada, apesar de algumas plantas apresentarem sintomas nas bordas de suas folhas.

Devido à produção de diferentes estruturas fúngicas como conídios, clamidósporos e/ou esclerócios, foi comum o isolamento de fungos como *Penicillium*, *Aspergillus*, *Talaromyces*, *Trichoderma* e *Fusarium*. Estes fungos possuem uma diversidade de forma, tamanho e peso de propágulos que os auxiliam na dispersão colonizando substratos propícios a seu desenvolvimento, principalmente em áreas próximas. Os principais gêneros de fungos isolados neste trabalho foram similares ao padrão geral de isolamento encontrado em ecossistemas de solo (CARVALHO, 2012; COSTA *et al.*, 2017).

4.4 SIMILARIDADE ENTRE AS COMUNIDADES DE FUNGOS FILAMENTOSOS DOS SOLOS DAS ÁREAS DE POLICULTIVOS E DA MATA ATLÂNTICA

As áreas de policultivos (Consórcio e SAF) apresentaram 45% de similaridade quanto a comunidade fúngica do solo, formando um agrupamento em um mesmo clado. A micobiota da Mata Atlântica apresentou-se mais distante das áreas de policultivos, com 29% de similaridade (Figura 5). Os policultivos deste estudo estão em processo de transição agroecológica e possuem seis anos de implantação. A Agrofloresta ainda não atingiu seu clímax da sucessão ecológica. O clímax da sucessão ecológica em uma agrofloresta acontece quando a mesma possui características semelhantes a um sistema natural, sem que haja sobreposição de nichos referentes a todos os organismos conferindo autonomia ao agroecossistema (STEENBOCK & VEZZANI, 2013). Costa *et al.* (2012) avaliaram a similaridade da micobiota de solos de monocultura de macaxeira, SAF e Mata Atlântica e mostraram que, independente do período de coleta, o SAF e a Mata Atlântica possuíam 56% de similaridade, agrupando-se em um mesmo clado. O SAF estudado por estes autores possuía 18 anos de implantação e a prática de monocultura de macaxeira, seguindo o manejo da agricultura convencional, ocorria há 12 anos sobre aquele solo. A área de Consórcio mesmo apresentando poucas culturas (três) apresentaram uma similaridade próxima a 50% do SAF, cuja diversidade de plantas é maior. Este dado reforça a importância da diversificação de culturas somada ao manejo agroecológico dos solos. Arias e Abarca (2014) verificaram que a comunidade fúngica dos policultivos manejados de forma convencional não foram similares aos policultivos manejados segundo os princípios agroecológicos, mantendo-se em clados diferentes.

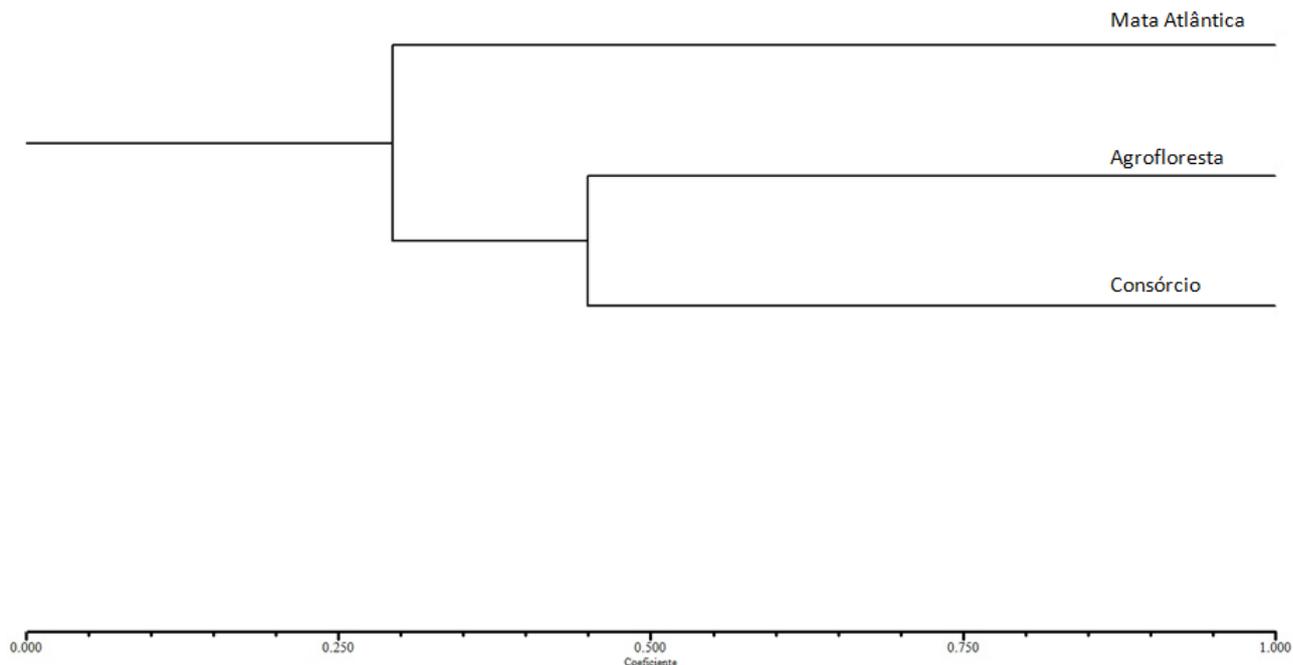


Figura 5. Dendrograma de similaridade representativos das comunidades de fungos filamentosos isolados de áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica

4.5 DADOS ECOLÓGICOS DE FUNGOS FILAMENTOSOS DO SOLO

Após análise dos índices ecológicos foi observada maior riqueza no solo da Mata Atlântica, seguido pelas áreas de policultivos e valores muito próximos de diversidade entre a Mata Atlântica e a Agrofloresta (Tabela 7). A diversidade de fungos encontrada nos solos tanto da Agrofloresta quanto da Mata Atlântica está diretamente associada com a diversidade de espécies vegetais, que são responsáveis pelo fornecimento e composição de resíduos sobre a superfície do solo. Além disso, o constante fornecimento de matéria orgânica no solo favorece o desenvolvimento dos microrganismos, incluindo os fungos, que utilizam este material como uma das principais fontes de energia. Uma diversidade elevada de espécies contribui para o uso mais eficiente dos recursos disponíveis (CRUZ *et al.*, 2013; SHI *et al.*, 2014).

A distribuição dos isolados entre as espécies apresentou-se uniforme, com valores próximos entre as áreas (Tabela 7). O maior valor de dominância foi observado na área de Mata Atlântica, devido a dominância de *Penicillium penajorensense* ($7,4 \times 10^3$ UFC g solo⁻¹). A predominância de espécies de *Penicillium* pode estar diretamente relacionada ao antagonismo destas em relação a outras por antibiose, pela produção de metabólitos ou indiretamente pela competição nutricional, maior produção de esporos e maior capacidade de crescimento em meio de cultura (DOMSCH *et al.*, 2007). No entanto, isolados do gênero *Penicillium* também podem contribuir para a fertilidade

do solo já que espécies desse gênero apresentam capacidade de solubilização de fosfato (DEEPA *et al.*, 2010).

Tabela 7. Riqueza de Espécies, Diversidade de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidade de Pielou (e) e Dominância de Berger-Parker em solos de áreas de policultivos (Consórcio e Sistema Agroflorestal) e Mata Atlântica.

Índices ecológicos	Área		
	Mata Atlântica	Agrofloresta	Consórcio
Riqueza	46	40	40
Diversidade	2,9	2,95	2,72
Equitabilidade	0,76	0,8	0,74
Dominância	0,25	0,13	0,18

5. CONCLUSÃO

A microbiota do Sistema Agroflorestal, apesar de pouca similaridade com a Mata Atlântica, apresenta uma diversidade de fungos próxima à da Mata, demonstrando a importância da diversidade vegetal em agroecossistemas. O manejo agroecológico e o pouco tempo de implantação dos policultivos influenciam na alta similaridade da comunidade fúngica dos solos destes dois sistemas. Apesar da área de Consórcio apresentar menor diversificação de culturas comparada a área de Agrofloresta, a microbiota de ambos os sistemas é constituída por fungos sapróbios que atuam na decomposição da matéria orgânica, além de espécies com potencial para a promoção do crescimento vegetal e controle de outros microrganismos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, S. P.; LUMLEY, T. C.; SIGLER, L. Use of Holomorph Characters to Delimit *Microascus nidicola* and *M. soppii* sp. nov., with Notes on the Genus *Pithoascus*. **Mycologia**, v. 94, n. 2, p. 362-369, 2002.
- ALEXANDER, M. **Introduction to Soil Microbiology**. New York: John Weley, 1977.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.
- ANTIGNANI, V.; GAMS, W.; MARZIANO, F. *Plectosporium delsorboi* nov. sp., a pathogen of *Curcuma*, Zingiberaceae. **Nova Hedwigia**, v. 86, p. 209-214, 2008.
- APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br>. Acesso em: 26 de Dezembro de 2018.
- ARIAS, R. S.; ABARCA, G. H. Fungal diversity in coffee plantation systems and in a tropical montane cloud forest in Veracruz, Mexico. **Agroforest Syst.**, v. 88, p 921-933, 2014.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; ERNANI, P. R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant Soil**, v. 238, p 133-140, 2002.
- BINI, D. LOPEZ, M. V. Transformações microbianas do fósforo. In: ANDREOTE, F. D; CARDOSO, E. J. B. N. (Org.). **Microbiologia do solo**. 2ª ed. Piracicaba: ESALQ, 2016, p. 133-148.
- BORGES, L. R. et al. Diversity of filamentous fungi in soil with monoculture of yerba maté, *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Rev. Acad. Ciênc. Agrár. Ambient.**, v. 9, p 185-194, 2011.
- BRANDÃO, C. F. L. S.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, A. C. B. L. Estrutura fitossociológica e classificação sucessional do componente arbóreo em um fragmento de floresta atlântica em Igarassu - Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.1, p.55-61, 2009.
- CARVALHO, V. G. **Diversidade de fungos de solo da Mata Atlântica**. 2012. 203 f. Tese (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.
- CASSETARI, A. S.; GOMEZ, S. P. M.; SILVA, M. C. P. Fixação biológica de nitrogênio associativa e de Vida livre. In: ANDREOTE, F. D; CARDOSO, E. J. B. N. (Org.). **Microbiologia do solo**. 2ª ed. Piracicaba: ESALQ, 2016, p. 133-148.

- CLARK, F. E. Agar-plate method for total microbial count. In: BLACK, C. A. et al. (Org). **Methods of soil analysis, Part2**. Chemical and microbiological properties. Madison: American Society of Agronomy, 1965, p. 1460-1466.
- CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 777-788, 2005.
- COSTA, P. M. O.; SOUZA-MOTTA, C. M.; MALOSSO, E. Diversity of filamentous fungi in different systems of land use. **Agroforest Syst**, v. 85, n. 1, p. 195-203, 2012.
- COSTA, P. M. O.; ARAÚJO, M. A. G.; SANTOS, P. J. P.; SOUZA-MOTTA, C.M.; MALOSSO, E. Richness and abundance of filamentous fungi in complex agroforestry multistrata system soil. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 12, n. 4, p. 232-241, 2017.
- CROUS P. W.; GROENEWALD J. Z. A phylogenetic re-evaluation of *Arthrinium*. **IMA fungus**, v. 4, n. 1, p. 133-154. 2013.
- CRUZ, R.; SANTOS, C.; LIMA, J. S.; MOREIRA, K. A.; SOUZA-MOTTA, C. M. Diversity of *Penicillium* in soil of Caatinga and Atlantic Forest areas of Pernambuco, Brazil: an ecological approach. **Nova Hedwigia**, v. 97, p. 543-556, 2013.
- DEEPA, V.; PRASANNA, A.; MURTHY, P. B.; SRIDHAR, R. Efficient phosphate solubilization by fungal strains isolated from rice-rhizosphere soils for the phosphorus release. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 6, p. 487-492, 2010.
- DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability; Managing the biotic component of soil quality. **Appl. Soil Ecol.** v. 15, p 3–11. 2000.
- DOMSCH, K. H.; GAMS, W.; ANDERSON, T. H. **Compendium of soil fungi**. Eching: IHW-Verlag, 1993.
- DOMSCH, K. H.; GAMS, W.; ANDERSON, T.-H. **Compendium of soil fungi**. 2ª ed. Eching: IHW-Verlag, 2007.
- ELLIS, M. B. **More dematiaceous Hyphomycetes**. Kew, England: Commonwealth Mycological Institute (CMI), 1976.
- FARIAS, A. L. N.; MATTOS, J. L. S.; TIAGO, P. V. Diálogo entre os saberes popular e acadêmico no processo de transição agroecológica no Assentamento Chico Mendes III – PE. **EXTRAMUROS - Revista de Extensão da UNIVASF**, v. 5, n. 2, p. 64-79, 2017.
- FROUFE, L. C. M.; RACHWAL, M. F. G.; SEOANE, C. E. S. Potencial de sistema agroflorestais multiestratos para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, p. 143-154, 2011.

- GARBEVA, P.; VAN VEEN, J. A.; VAN ELSAS, J. D. Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. **Annual Review of Phytopathology**, v. 42, p. 243-270, 2004.
- GLIESSMAN, S.R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Ed. Universidade UFRGS, 653p. 2000.
- GOHEL, V. et al. Bioprospecting and antifungal potential of chitinolytic microorganisms. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, p. 54-72, 2006.
- GOMEZ, E.; PIOLI, R.; CONTI, M. Fungal abundance and distribution as influenced by clearing and land use in a vertic soil of Argentina. **Biology and Fertility of Soils**, v. 43, n 3, p. 373-377, 2007.
- GÖTSCH, E. Natural succession of species in agroforestry and in soil recovery. Piraí do Norte, Fazenda Três Colinas (não publicado) 1992.
- GRAYSTON, S.J.; GRIFFITH, G.S.; MAWDSLEY, J.L.; CAMPBELL, C.D.; BARDGETT, R.D. Accounting for variability in soil microbial communities of temperate upland grassland ecosystems. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, p. 533-551, 2001.
- GRISI, B.M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v. 30, p. 82-88. 1978.
- HECHT, S. B. The evolution of Agroecological Thought. In: ALTIERI, M. A.; FARRELL, J. G. (Org.). **Agroecology – The science of sustainable agriculture**. 2ª ed. CRC Press., 2018, p. 1-19.
- HOLZLECHNER, M.; REITSCHMIDT, S.; GRUBER, S.; ZEILINGER, S.; MARCHETTI-DESCHMANN, M. Visualizing fungal metabolites during mycoparasitic interaction by MALDI mass spectrometry imaging. **Proteomics**, v. 16, p. 1742-1746, 2016.
- HOUBRAKEN, J.; SAMSON, R.A. Phylogeny of *Penicillium* and the segregation of *Trichocomaceae* into three families. **Studies in Mycology**, v. 70, p. 1-51, 2011.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 2001.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. **J. Soil Water Conser.**, v. 55, p. 69-78, 2000.
- IWEN, P.; SCHUTTE, S. D.; FLORESCU, D. F.; NOEL-HURST, R. K.; SIGLER, L. Invasive *Scopulariopsis brevicaulis* infection in an immunocompromised patient and review of prior cases caused by *Scopulariopsis* and *Microascus* species. **Med. Mycol.**, v. 50, p. 561-569, 2012.
- JONES, D. R. Fungal diseases of the foliage. In: JONES, D. R. (Org.). **Diseases of Banana, Abaca and Enset**. Wellingford: CABI Publishing, 2000, p. 108–111.

- KHAN, S. A. et al. Plant growth promotion and *Penicillium citrinum*. **BMC Microbiol.**, v. 8, p. 231, 2008.
- KLAGES, K. H. W. Crop ecology and ecological crop geography in the agronomic curriculum. **J. Am. Soc. Agron.**, v. 20, p. 336-353, 1928.
- KLAGES, K. H. W. **Ecological Crop Geography**. New York: MacMillan, 1942.
- KURAMATA, M; FUJIOKA, S.; SHIMADA, A.; KAWANO, T.; KIMURA, Y. Citrinolactones A, B and C, and Sclerotinin C, Plant Growth Regulators from *Penicillium citrinum*. **Journal Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 71, n. 2, p. 499-503, 2007.
- KUZYAKOV, Y.; BLAGODATSKAYA, E. Microbial hotspots and hot moments in soil: Concept & review. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 83, p. 184-199, 2015.
- LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. Conservation and enhancement of soil quality. In: **International workshop on evaluation for sustainable land management in the developing world**. Bangkok: Chiang Rai. Proceedings..., International Board for Soil Research and Management, 1991, p. 175-203.
- LI, X.; OJAGHIAN, M. R.; ZHANG, J.; ZHU, S. A new species of *Scopulariopsis* and its synergistic effect on pathogenicity of *Verticillium dahliae* on cotton plants. **Microbiological Research**, v. 201, p. 12–20, 2017.
- LOMBARD, L.; CROUS, P. W. Phylogeny and taxonomy of the genus *Gliocladiopsis*. **Persoonia**, v. 28, p. 25-33, 2012.
- MATTOS et al. Transição agroecológica no assentamento Chico Mendes III – PE. In: JORNADA DE ESTUDOS EM ASSENTAMENTOS RURAIS, 6. Campinas, SP, Anais... FEAGRI, CD-ROOM. 2013.
- MATTOS, J. L. S.; GUSMÁN-CASADO, G. I. ; LIMA, J. R. T.; GAMARRA-ROJAS, G.; SILVA, J. N. La recampesinización del mundo rural brasileño: el caso de lãs mujeres del Asentamiento Chico Mendes III. In: VITORIA-GASTEIZ (Org.). **CONGRESO SOCIEDAD ESPAÑOLA DE AGRICULTURA ECOLÓGICA**. SEAE, 2014.
- MATTOS, J. L. S.; CASADO, G. I. G; CAPORAL, F. R.; SILVA, L. M. S.; SANTOS FILHO, D. A.; SILVA, J. F.; FONSECA, F. D. **A transição agroecológica no assentamento chico mendes-pe: uma avaliação de agroecossistemas sustentáveis**. Campinas – SP: Faculdade de Engenharia Agrícola, 2017.
- MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: Synthesis**. Washington, DC: Island Press. 2005.

- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. Lavras: UFLA, 2006.
- MUKHERJEE, A. K.; MUKHERJEE, P. K.; KRANTHI S. Reclassification of *Trichoderma viride* (TNAU), the most widely used commercial biofungicide in India, as *Trichoderma asperelloides*. **Open Biotechnol J**, v. 7, p. 7-9, 2013.
- NARAGHI, L. et al. Biological control of tomato *Verticillium* disease by *Talaromyces flavus*. **Journal of Plant Protection Research**, v. 50, p. 360-365, 2010.
- NARAGHI, L.; HEYDARI, A.; REZAEI, S. Biocontrol agent *Talaromyces flavus* stimulates the growth of cotton and potato. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 31, p. 471-477, 2012.
- NAIR, P. K. R. **Introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993.
- NEVES, M. C. P.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. **Agricultura orgânica: uma estratégia para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis**. Seropédica: EDUR, 2004.
- NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. Projeção e implantação de uma estratégia de manejo de habitats para melhorar o controle biológico de pragas em Agroecossistemas. In: NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; LUIGI, P. (Org.). **Controle biológico de pragas através do manejo de agroecossistemas**. Brasília: MDA, 2007, p. 2-16.
- PRADE, C. A.; MATSUMURA, A. T. S.; GUERRERO, R. T.; PORTO, M. L. Diversidade de fungos filamentosos e microscópicos do solo em uma plantação de *Hovenia dulcis* Thumb. **Biociências**, v. 14, p. 101-106, 2006.
- PEREIRA, A. A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; KASCHUK, G.; CHUEIRE, L. M. O.; CAMPO, R. J.; TORRES, E. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, p. 1397-1412, 2007.
- PIELOU, E. C. **Mathematical ecology**. New York: John Wiley and Sons, 1977.
- PINOTTI, M. M. Z.; SANTOS, J. C. P.; KLAUBER FILHO, O.; MICHELLUTI, D. J.; CASTRO, D. R. L. Isolation of Soil Fungi Associated to the cultures of Blackberry, Raspberry and Blueberry in Brazilian Southern highland. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 6, n. 1, p. 67- 80, 2011.
- PRADE, C. A.; MATSUMURA, A. T.; OTT, A. P.; PORTO, M. L. Diversidade de fungos do solo em sistemas agroflorestais de citrus com diferentes tipos de manejo no município de Roca Sales, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências**, v. 15, n. 1, p. 73-81, 2007.
- PRIMAVESI, A. **Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio**. 2ª Ed. Revisada. São Paulo: Expressão Popular, 2016.

- RAIMONDO, M. L.; CARLUCCI, A. Characterization and pathogenicity of *Plectosphaerella* spp. collected from basil and parsley in Italy. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 57, n. 2, p. 284–295, 2018.
- RECH, M.; PANSERA, M. R.; SARTORI, V. C.; RIBEIRO, R. T. S. Soil microbiota in agroecological and conventional vineyards and native vegetation in Caxias do Sul, RS. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 8, n. 3, p. 141-151, 2013.
- REETZ, E. R. et al. **Anuário brasileiro de fruticultura 2007 / ERNA**. Santa Cruz do Sul, 2007.
- RIDDELL, R. W. Permanent stained mycological preparation obtained by slide culture. **Mycologia**, v. 42, p. 265-270, 1950.
- ROCHA, A. A.; GOULART, J. M.; ARAÚJO, S. N.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S. Avaliação de diferentes fontes de adubos orgânicos nitrogenados sobre o desempenho agrônômico do feijão-vagem e do milho verde. In: **XVI Semana científica Johanna Döbereiner**. Seropédica. Anais da Semana Científica Johanna Döbereiner. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2016.
- ROHLF, F. J. **NTSYS-pc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System Version 2.1**. New York: Exeter Publishing Setauket, 2000.
- RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.
- SACHS, I. **Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.
- SANDOVAL-DENIS, M. et al. *Scopulariopsis*, a poorly known opportunistic fungus: spectrum of species in clinical samples and in vitro responses to antifungal drugs. **J. Clin. Microbiol.**, v. 51, p. 3937-3943, 2013.
- SCHMIDT, R.; MITCHELL, J.; SCOEW, K. Cover cropping and no-till increase diversity and symbiotroph:saprotroph ratios of soil fungal communities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 129, p. 99-109, 2019.
- SCHOENLEIN-CRUSIUS, I.H. et al. Microscopic fungi in the atlantic rainforest in Cubatão, S.P. Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 37, p. 267- 275, 2006.
- SCHROTH, G.; DO SOCORRO, S. M. M. Agroforestry: Complex multistrata agriculture. In: ALFEN, N. V. (Org.). **Encyclopedia of agriculture and food systems**. San Diego: Elsevier, 2014, p. 107-123.

- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The Mathematical Theory of Communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
- SHI, L. et al. Variation in forest soil fungal diversity along a latitudinal gradient. **Fungal Diversity**, v. 64, p. 305-315, 2014.
- SILVA, R. B. et al. Estudo das colônias de fungos e bactérias em solos de floresta tropical associada à variação das chuvas na região. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Belém: Resumos, 2010.
- SILVEIRA, A. O. **Atividades enzimáticas como indicadores biológicos da qualidade de solos agrícolas do Rio Grande do Sul**. 2007. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- STAMFORD, N. P. et al. Microbiota dos solos tropicais. In: MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E. G.T.; MENEZES, M. (Org.). **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005, p. 6192
- STEENBOCK, W.; VEZZANI, F. M. **Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza**. 1ª ed. Curitiba: edição dos autores, 2013.
- SUMMERELL, B. A.; LESLIE, J. F. Fifty years of *Fusarium*: how could nine species have ever been enough? **Fungal Diversity**, v. 50, p. 135-144, 2011.
- SURRIDGE, A. K. J.; WEHNER, F. C.; CROUS, P. W.; VILJOEN, A. First report of *Cladosporium musae* on banana in South Africa. **Australasian Plant Pathology**, v. 32, p. 499-503, 2003.
- TANGJANG, S.; ARUNACHALAM, K.; ARUNACHALAM, A.; SHUKLA, A.K. Microbial population dynamics of soil under traditional agroforestry systems in Northeast India. **Research Journal of Soil Biology**, v. 1, p. 1-7, 2009.
- TEETOR-BARSCH, G. H.; ROBERTS, D. W. Entomogenous *Fusarium* species. **Mycopathologia**, v. 84, p. 3-16, 1983.
- TOMÉ JR., J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997.
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos Especiais em Ciências do Solo**, v. 2, n. 1, p. 196-275, 2002.
- UPADHWAY, H. P. Soil fungi from North-East Brazil. **Mycopathologia et Mycologia Applicata**, v. 30, n. 2, p. 276-286, 1966.
- VALPASSOS, M. A. R. et al. Effects of soil management systems on soil microbial activity, bulk density and chemical properties. **Pesq Agropec Bras**, v. 36, p. 1539-1545, 2001.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral em um podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 35-42, 2000.

VAZ, J. C. M. **Análise das Ondas de Leste Sobre a Costa Leste do Nordeste do Brasil para o Período entre 1999-2009**. 2011. 102 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Geociências do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. **O solo como sistema**. Curitiba: edição dos autores, 2011.

VISAGIE, C. M. et al. Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. **Studies in Mycology**, v. 78, p. 343-371, 2014.

WICKLOW, D. T.; CARROLL, G. C. **The fungal community; its organization and role in the ecosystem**. New York: Basel, 1983.

YEDIDIA, I.; BENHAMOU, N.; CHET, I. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, p. 1061-1070, 1999.