



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**ANTONIO LÚCIO BARBOSA DE ANDRADE NETO**

**DIVERSIDADE BETA DA COMUNIDADE DE MICROFUNGOS ASSEXUAIS  
ASSOCIADA À SERRAPILHEIRA DA VEGETAÇÃO RIPÁRIA NO BREJO  
PARAIBANO**

**AREIA**

**2024**

**ANTONIO LÚCIO BARBOSA DE ANDRADE NETO**

**DIVERSIDADE BETA DA COMUNIDADE DE MICROFUNGOS ASSEXUAIS  
ASSOCIADA À SERRAPILHEIRA DA VEGETAÇÃO RIPÁRIA NO BREJO  
PARAIBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal da  
Paraíba, como requisito parcial à obtenção  
do título de bacharel em Ciências  
Biológicas.

**Orientadora:** Profa. Dra. Loise Araujo  
Costa

**AREIA**

**2024**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

A553d Andrade Neto, Antonio Lúcio Barbosa de.

Diversidade beta da comunidade de microfungos  
assexuais associada à serrapilheira da vegetação  
ripária no brejo paraibano / Antonio Lúcio Barbosa de  
Andrade Neto. - Areia:UFPB/CCA, 2024.

31 f. : il.

Orientação: Loise Araujo Costa.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Ciências Biológicas. 2. Micobiota. 3. Região  
tropical. 4. Fungos sapróbios. I. Costa, Loise Araujo.  
II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 573(02)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COORDENAÇÃO DOS CURSOS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
CAMPUS II – AREIA - PB

## DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aprovada em 10/05/2024.

**DIVERSIDADE BETA DA COMUNIDADE DE MICROFUNGOS  
ASSEXUAIS ASSOCIADA À SERRAPILHEIRA DA VEGETAÇÃO  
RIPÁRIA NO BREJO PARAIBANO**

Autor: Antônio Lúcio Barbosa de Andrade Neto

Banca Examinadora:

*Loise Araujo Costa*  
Profa. Dra. Loise Araujo Costa  
Orientadora – UFPB

*Carlos Augusto de Oliveira Jr*  
Dr. Carlos Augusto de Oliveira Júnior  
Examinador – UFPB

*José Domingos Ribeiro Neto*  
Dr. José Domingos Ribeiro Neto  
Examinador – UFPB

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus avós, por tudo o apoio e por acreditarem que eu poderia ser mais do que eu imaginava.

À minha mãe, por ter apoiado o meu sonho.

Aos meus amigos, pelo apoio, companheirismo e lealdade.

À professora Dra. Loise Araujo Costa, por ter acreditado no meu potencial e por todo o apoio que me ofereceu ao longo da minha trajetória acadêmica.

Ao professor Dr. Rosemberg Menezes, por ter fornecido um escopo estatístico ao trabalho e por todos os ensinamentos valiosos que levarei comigo ao longo da vida.

À todos os professores que fizeram parte da minha trajetória acadêmica durante a graduação.

Ao Laboratório de Microbiologia do Departamento de Biociências (CCA-UFPB) pelo suporte contínuo ao longo deste estudo, e aos colegas de laboratório, especialmente aos técnicos Geneses e Edinaldo, e a Gustavo Bernardo, um amigo cuja presença foi fundamental em vários momentos desta jornada.

Ao Laboratório de Ecologia e Reprodução Vegetal do Departamento de Biociências (CCA-UFPB), em especial à professora Dra. Lenyneves Duarte A. de Araújo e a Pedro Gadelha Neto, técnico de laboratório, pelo valioso auxílio no desenvolvimento da pesquisa.

À PROPESQ, pela oportunidade de desenvolver esse trabalho por meio da iniciação científica.

À micologista Patrícia Oliveira Fiuza, pelo apoio técnico na realização do trabalho, sem a sua participação, esta pesquisa não seria possível.

## RESUMO

A serrapilheira desempenha um papel chave na dinâmica dos ecossistemas florestais pois, a partir da sua decomposição, garante a reciclagem de nutrientes no ambiente. Entre os microrganismos decompositores, os microfungos assexuais são os mais representativos. O objetivo deste estudo foi investigar a comunidade de microfungos assexuais associada a folhas e galhos da serrapilheira presente na zona ripária, durante as estações seca e chuvosa, a fim de verificar a influência do tipo de substrato e da sazonalidade climática na composição da comunidade. Duas expedições de coleta foram realizadas nos meses de outubro/2021 e fevereiro/2022, na Cachoeira da Manga, em Pilões-PB, município do Brejo Paraibano. Em cada expedição, foram dispostos três transectos, equidistantes entre si por 100 m, da margem do curso d'água em direção ao interior da mata ciliar. Por transecto foram coletados 20 folhas e 20 galhos, totalizando 240 substratos em todo o estudo. A metodologia utilizada para a detecção dos microfungos foi a observação direta por meio da técnica de câmara úmida. O total de 118 espécimes de microfungos distribuídos em 58 espécies e morfoespécies foi registrado. Os fungos mais abundantes foram hifomiceto dematiáceo sp.2, *Penicillium* sp.1 e *Trichoderma* sp. com frequências totais de 12,7%, 11% e 5,9%, respectivamente. A análise da diversidade beta revelou que o tipo de substrato ( $F= 1.495$ ;  $p= 0.043$ ) e a sazonalidade climática ( $F= 1.799$ ;  $p= 0.008$ ) tiveram influências significativas na composição das comunidades de microfungos. Essas variações nas comunidades entre os diferentes substratos e estações foram impulsionadas, principalmente, por um efeito de substituição de espécies. As folhas apresentaram maior riqueza de microfungos. Seis espécies foram compartilhadas entre os dois substratos, 27 foram exclusivas para as folhas e 24 para os galhos. Considerando a sazonalidade climática, nove espécies foram compartilhadas entre as estações seca e chuvosa, 21 foram exclusivas para a estação seca e 27 para a estação chuvosa. A análise de porcentagem de similaridade revelou que as comunidades fúngicas entre as estações e os substratos foram muito diferentes, com as médias de dissimilaridade de 95,85% e 95,06%, respectivamente. Os microfungos hifomiceto dematiáceo sp.2 e *Penicillium* sp.1 foram os principais contribuintes para as dissimilaridades em ambos os fatores avaliados. Esses resultados destacam a complexidade das interações entre os microfungos e o ambiente da serrapilheira terrestre, fornecendo *insights* importantes para a compreensão da ecologia desses organismos em ecossistemas florestais.

**Palavras-Chave:** microbiota; região tropical; fungos sapróbios.

## ABSTRACT

The litter plays a key role in the dynamics of forest ecosystems as it ensures the recycling of nutrients in the environment through their decomposition. Among decomposer microorganisms, asexual microfungi are the most representative. The objective of this study was to investigate the community of asexual microfungi associated with the leaves and twigs of litter present in the riparian zone, during the dry and rainy seasons, in order to verify the influence of the type of substrate and climatic seasonality on the community composition. Two collection expeditions were carried out in October/2021 and February/2022, at Cachoeira da Manga, in Pilões-PB, municipality of Brejo Paraibano. In each expedition, three transects were arranged, equidistant from each other by 100 m, from the river bank towards the interior of the riparian forest. Twenty leaves and 20 branches were collected per transect, totaling 240 substrates throughout the study. The methodology used to detect microfungi was direct observation using the wet chamber technique. A total of 118 microfungi specimens distributed across 58 species and morphospecies were recorded. The most abundant fungi were hyphomycete dematiaceo sp.2, *Penicillium* sp.1 and *Trichoderma* sp. with total frequencies of 12.7%, 11% and 5.9%, respectively. Beta diversity analysis revealed that the type of substrate ( $F= 1.495$ ;  $p= 0.043$ ) and climatic seasonality ( $F= 1.799$ ;  $p= 0.008$ ) had significant influences on the composition of microfungi communities. These variations in communities between different substrates and seasons were driven mainly by an effect of species replacement. The leaves revealed a greater richness of microfungi. Six species were shared between the two substrates, 27 were exclusive to the leaves and 24 to the twigs. Considering climatic seasonality, nine species were shared between the dry and rainy seasons, 21 were exclusive to the dry season and 27 to the rainy season. Similarity percentage analysis revealed that the fungal communities between seasons and substrates were very different from each other, with average dissimilarities of 95.85% and 95.06%, respectively. The microfungi hyphomycete dematiaceo sp.2 and *Penicillium* sp.1 were the main contributors to the dissimilarities in both factors evaluated. These results highlight the complexity of interactions between microfungi and the terrestrial litter, providing important insights for understanding the ecology of these organisms in forest ecosystems.

**Keywords:** mycobiota; tropical region; saprobic fungi.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Mapa de localização da Cachoeira da Manga, no município de Pilões, Paraíba .....16
- Figura 2** - Dados de precipitação, temperatura média do ar, e umidade relativa do ar dos meses de setembro de 2021 a fevereiro de 2022, Areia - PB. Os asteriscos sinalizam os meses em que foram realizadas as expedições de coleta.....17
- Figura 3** - Análise de diversidade beta com dados de abundância para as comunidades de microfungos assexuais da serrapilheira da vegetação ripária no Brejo Paraibano-PB (galho= G, folha= F, estação seca= S, estação chuvosa= C).....24
- Figura 4** - Número de espécies exclusivas e compartilhadas entre as comunidades de microfungos assexuais associadas aos substratos (folha e galho) da serrapilheira da vegetação ripária e às estações (seca e chuvosa), no Brejo Paraibano-PB.....25

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Microfungos assexuais isolados de folhas (F) e galhos (G) da serrapilheira da vegetação ripária na Cachoeira da Manga durante as estações seca e chuvosa, em Pilões, Brejo Paraibano-PB.....	20
<b>Tabela 2</b> - Análise de Percentagem de Similaridade (SIMPER) para comunidades de microfungos assexuais associadas a folhas e galhos da serrapilheira da vegetação ripária durante as estações seca e chuvosa, no Brejo Paraibano-PB.....	27
<b>APÊNDICE A</b> – Resultados da two-way PERMANOVA com 10000 permutações examinando os efeitos da estação (EST), substrato (SUB), substituição e aninhamento sobre a heterogeneidade composicional de microfungos assexuais da vegetação ripária, no Brejo Paraibano-PB.....	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>11</b>
2.1 <i>Área de estudo e coleta dos dados ambientais.....</i>	11
2.2 <i>Expedições de coleta e obtenção das amostras .....</i>	13
2.3 <i>Detecção dos microfungos assexuais e estudo morfológico.....</i>	14
2.4 <i>Análise dos dados.....</i>	15
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A serrapilheira, formada pela deposição de substratos vegetais (folhas, galhos, frutos, sementes, troncos, flores) e restos de animais na superfície do solo, desempenha um papel crucial na dinâmica dos ecossistemas florestais (Andrade et al., 2008; Ferreira et al., 2007; Golley et al., 1978). Sua decomposição é um processo fundamental para a reciclagem nos ecossistemas, pois permite que os nutrientes retornem ao solo, servindo como um reservatório vital para as plantas e microrganismos (Meguro et al., 1980; Zhang et al., 2008). Entre os microrganismos decompositores, os fungos desempenham um papel chave na ciclagem de nutrientes, devido à sua capacidade de degradar materiais lignocelulósicos e outros compostos orgânicos presentes na serrapilheira (Mason, 1980). Os microfungos assexuais são especialmente relevantes neste contexto, representando a maior parte da microbiota decompositora e responsáveis por uma parcela significativa do processo de decomposição (Alexopoulos et al., 1996). Esses organismos se reproduzem assexuadamente por mitose ou por meio de estruturas originárias do micélio somático (Alexopoulos et al., 1996; Seifert et al., 2011).

A distribuição e diversidade dos microfungos sapróbios são influenciadas por uma série de fatores bióticos e abióticos, incluindo características do solo (Porras-Alfaro et al., 2011), disponibilidade de nutrientes (Porras-Alfaro et al., 2011; Santa Izabel & Gusmão, 2018), variação sazonal (Allegrucci et al., 2014; Costa & Gusmão, 2017); espécie da planta (Paulus et al., 2006; Hyde et al., 2007; Costa & Gusmão, 2015), tipo de substrato (Allegrucci et al., 2014; Silva et al., 2021; Silva et al., 2023) e heterogeneidade espacial (Ho & Hyde, 2001; Allegrucci et al., 2014; Costa & Gusmão, 2017; Silva et al., 2021; Silva et al., 2023). A heterogeneidade espacial pode ser observada em distintas escalas: (i) nas diferentes partes do mesmo substrato vegetal, como os folíolos e raque na folha de palmeiras (Ho & Hyde, 2001); (ii) nos vários estratos da serrapilheira, das camadas mais superficiais até aquelas mais próximas ao solo (Muthukrishnan et al. 2012); e (iii) em diferentes áreas de estudo ou *habitats* (terrestre e aquático) (Paulus et al. 2006; Costa & Gusmão, 2017; Silva et al., 2021; Silva et al., 2023).

Diversos trabalhos têm demonstrado que variações sazonais podem afetar diretamente a dinâmica das comunidades de microfungos sapróbios, com a maioria dos estudos apresentando uma comunidade mais rica e diversa durante a estação chuvosa, e com diferenças notáveis na composição de espécies entre as distintas estações (Paulus et al., 2006; Kumar et al., 2012; Muthukrishnan et al., 2012; Costa et al., 2015; Costa & Gusmão, 2016). Paulus et al. (2006) investigaram as comunidades de fungos associadas ao folheto de seis espécies de plantas pertencentes às famílias botânicas filogeneticamente próximas (Lauraceae, Elaeocarpaceae, Moraceae e Proteaceae), na Austrália, e observaram maior riqueza associada à estação chuvosa e baixa sobreposição de espécies entre as comunidades das diferentes estações e plantas (14-30%). Costa & Gusmão (2017), também encontraram resultado semelhante, em que as comunidades de fungos associadas ao folheto de *Vismia guianensis* (Aubl) Choisy, presentes em três fragmentos de mata úmida na região semiárida do Brasil, foram mais ricas em espécies de fungos durante a estação chuvosa quando comparada à estação seca, com 112 e 76 táxons respectivamente, apresentando uma baixa sobreposição de espécies, que variou de 16 a 42%, entre as comunidades das diferentes estações e fragmento de mata úmida.

Quando é considerado o tipo de substrato, a estrutura e composição das comunidades de microfungos também variam significativamente, independente dos substratos investigados e se há uma proximidade ou conexão entre eles (p. ex. folhas, pecíolos, galhos, casca, frutos) (Grandi & Gusmão, 2002; Marques et al., 2008; Grandi & Silva, 2010; Magalhães et al., 2011; Heilmann-Clausen et al., 2015; Barbosa & Alves, 2018; Barreto & Gusmão, 2021; Miranda et al., 2022; Silva et al., 2023). Na maioria dos estudos, uma preferência de colonização dos substratos foliícolas pelos microfungos tem sido demonstrado. Tal fato pode estar relacionado aos substratos foliícolas representarem a fração mais significativa da serrapilheira e devido a variedade de estrutura foliar e constituição química, em função da diversidade botânica presente no ambiente, são colonizados mais rapidamente por diferentes espécies de fungos (Dix & Webster, 1995; Hyde et al., 2007).

Apesar da grande importância ecológica dos fungos sapróbios, ainda há lacunas significativas no conhecimento dos padrões de distribuição dos microfungos assexuais associados à serrapilheira, principalmente em áreas tropicais. O uso de

ferramentas capazes de descrever e mensurar a variação da composição das comunidades biológicas (diversidade beta) pode fornecer informações valiosas sobre a dinâmica das comunidades biológicas (Della Coletta & Vasconcelos, 2022), e no contexto dos microfungos assexuais, que são fundamentais para a manutenção e o funcionamento do ecossistema por participarem da ciclagem da matéria orgânica, tem grande importância para a compreensão do processo de decomposição da serrapilheira no ecossistema florestal, assim como para as estimativas do número global de espécies fúngicas. No entanto, dentre os trabalhos existentes, a grande maioria apresenta uma abordagem taxonômica e poucos são os estudos sobre a ecologia desses fungos. No Brejo Paraibano, os poucos trabalhos realizados são iniciais (Fiuza & Gusmão, 2013; Silva et al., 2014; Costa & Gusmão, 2017; Santa Izabel & Gusmão, 2018; Sobral, 2020) e, ainda assim, têm contribuído para o conhecimento da micodiversidade local, com uma nova espécie descrita (Barbosa et al., 2019). Nesse cenário, o presente estudo investigou a comunidade de microfungos assexuais associada a substratos vegetais (folhas e galhos) da serrapilheira da vegetação ripária no Brejo Paraibano, durante as estações seca e chuvosa, a fim de verificar a influência do tipo de substrato e da sazonalidade climática na composição da comunidade.

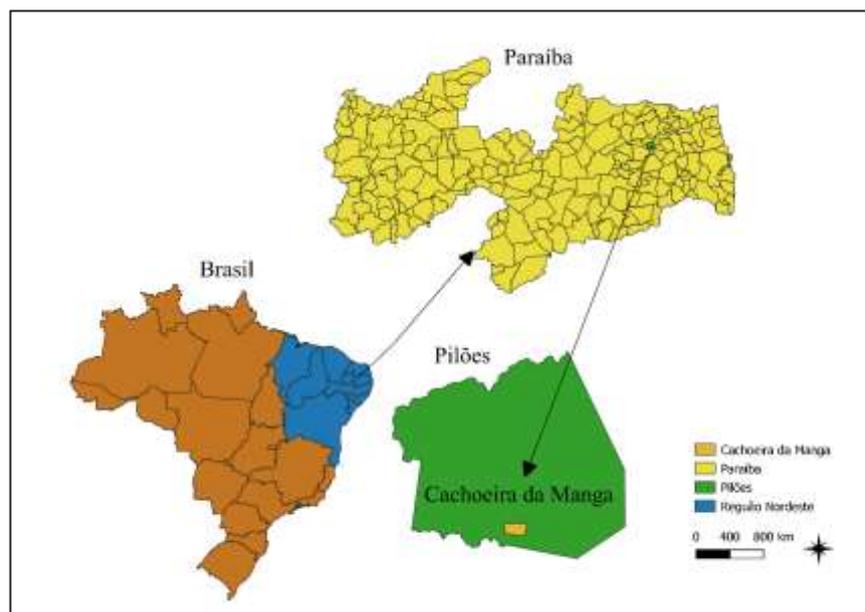
A serrapilheira da vegetação ripária foi considerada, pois este ambiente apresenta uma grande importância ecológica por conectar processos de transferências de energia e nutrientes entre os ecossistemas terrestre e aquático, favorecendo a existência de uma grande diversidade biológica (Ferreira et al., 2019), incluindo os microfungos assexuais (Barbosa et al., 2021). Além disso, nenhum estudo sobre a diversidade de microfungos sapróbios no Brejo Paraibano tem considerado a serrapilheira dessa vegetação. Como resultado da pesquisa, esperamos encontrar efeitos significativos do tipo de substrato e sazonalidade na distribuição das espécies e na composição das comunidades de microfungos assexuais da serrapilheira.

## **2 METODOLOGIA**

### *2.1 Área de estudo e coleta dos dados ambientais*

O estudo foi conduzido na vegetação ripária da Cachoeira da Manga ( $6^{\circ}54'38.3''S$  e  $35^{\circ}36'29.4''W$ ), pertencente à Bacia Hidrográfica de Mamanguape, localizada no município de Pilões, Paraíba (Figura 1). Pilões, está situado na mesorregião do Agreste e na microrregião do Brejo Paraibano, que faz parte do Planalto da Borborema, cuja região apresenta altitude média de 400 m acima do nível do mar.

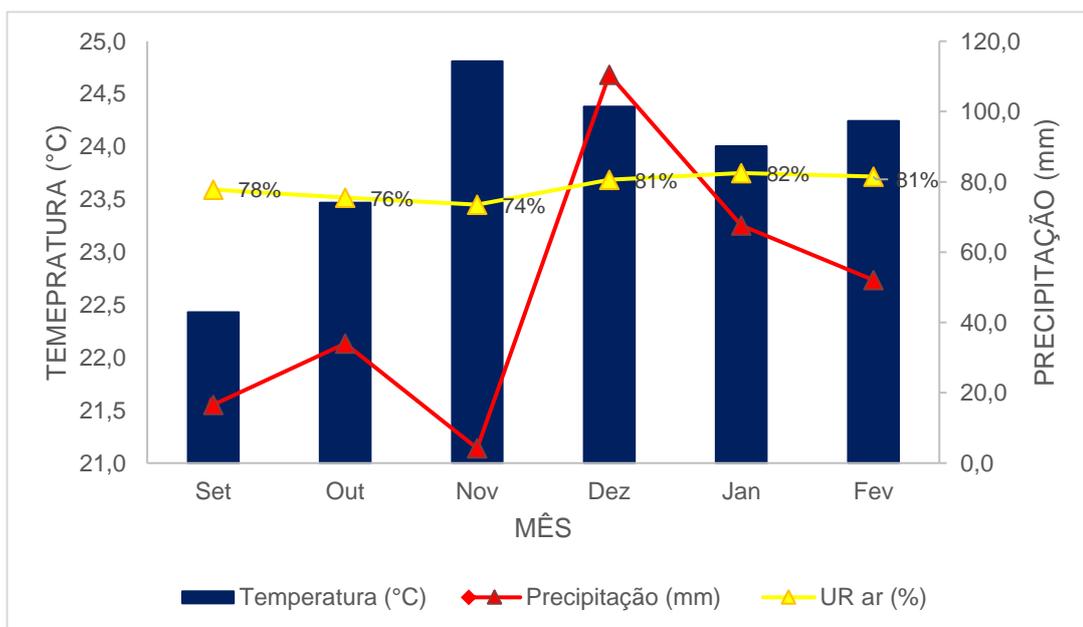
O relevo da região exerce forte influência sobre o clima, originando chuvas orográficas que ocorrem de janeiro a agosto, sendo mais abundantes nos meses de junho e julho, com picos de precipitação que podem ultrapassar 1.100 mm, e a temperatura média anual é de aproximadamente 22 °C (Cardoso, 2014; Moreira 1989). Sendo assim, a região apresenta um clima do tipo As', segundo a classificação Köppen (1936), caracterizado por ser quente e úmido (Francisco et al., 2015).



**Figura 1.** Mapa de localização da Cachoeira da Manga, no município de Pilões, Paraíba.  
Fonte: Autor.

A paisagem da área é representada por um mosaico de transição entre a Floresta Atlântica de planície e encosta e a caatinga hiperxerófila (Cardoso, 2014), embora a atividade humana venha impactando a composição da vegetação nativa na região.

Os dados de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar foram obtidos no posto meteorológico localizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), município de Areia, visto que não há posto meteorológico em Pilões e nem registros climáticos para o município em fontes de informações meteorológicas amplamente acessíveis, como a AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba). Apesar da proximidade entre a área de estudo e o posto meteorológico, que se encontram a uma distância de 18 km, é notável as diferenças microrregionais entre as áreas, considerando a vegetação, precipitação, temperatura e umidade; devido, muito provavelmente, às diferenças altitudinais - o município de Areia apresenta altitude média de 600 m acima do nível do mar (Marques et al., 2015).



**Figura 2.** Dados de precipitação, temperatura média do ar, e umidade relativa do ar dos meses de setembro de 2021 a fevereiro de 2022, Areia-PB. Os asteriscos sinalizam os meses em que foram realizadas as expedições de coleta. Fonte: Autor.

## 2.2 Expedições de coleta e obtenção das amostras

Duas expedições de coletas foram realizadas: em novembro de 2021, com o índice pluviométrico de 4,2 mm, umidade relativa do ar 74% e temperatura 24,8°C; e fevereiro de 2022, com registro de 52,1 mm, 81% e 24,2°C, respectivamente. Assim,

no presente estudo consideramos estação seca e estação chuvosa, para os respectivos meses de coleta, a fim de avaliar a influência da sazonalidade climática sobre a comunidade de microfungos assexuais. Médias do índice pluviométrico, da umidade relativa do ar e da temperatura, relativos ao mês de coleta e dois meses que antecederam as coletas, foram, respectivamente, 18,2 mm, 76% e 23,6°C para a estação seca; e 76,7 mm, 81,3% e 24,2°C para a estação chuvosa.

Para a coleta dos substratos presentes na camada superficial da serrapilheira terrestre foram dispostos três transectos na zona ripária da Cachoeira da Manga em direção ao interior da mata ciliar, separados por uma distância de aproximadamente 100 m. Em cada transecto foram demarcados dois pontos, na margem do curso d'água e a cinco metros de distância, nos quais dez galhos e dez folhas foram coletados, de maneira aleatória, perfazendo uma amostra. Desta forma, por expedição de coleta foram obtidas seis amostras contendo 120 substratos, e em todo o estudo foram 12 amostras com 240 substratos. As amostras foram armazenadas dentro de sacos de papel do tipo Kraft devidamente identificadas. Após a coleta, as amostras foram transportadas para o Laboratório de Microbiologia do Departamento de Biociências do CCA/UFPB para serem processadas, dentro de um período de no máximo 3 h.

### *2.3 Detecção dos microfungos assexuais e estudo morfológico*

Para a detecção dos microfungos assexuais presentes nas amostras coletadas foi utilizado o método de Castañeda-Ruiz et al. (2016) com algumas modificações. As amostras foram lavadas em água corrente por 30 min com o auxílio de peneiras e, em seguida, foram colocadas para secar sobre a bancada em temperatura ambiente. Após secas, as folhas e galhos foram alocados em câmaras úmidas formadas por placas de Petri com papel toalha umedecido com água destilada.

Após um período de aproximadamente 72 h, para que houvesse o crescimento das estruturas reprodutivas dos microfungos assexuais (conidióforo, célula conidiogênica e conídio) na superfície dos substratos, foi iniciada a observação das amostras de folhas e galhos com o auxílio do estereomicroscópio. A extração das estruturas reprodutivas foi realizada com o uso de seringas com agulhas hipodérmicas

e, em seguida, foram transferidas para lâminas com resina PVL (álcool polivinílico + lactofenol) (Trappe & Schenck, 1982), formando lâminas permanentes. A identificação dos microfungos foi realizada morfológicamente a partir da observação, com o auxílio do microscópio óptico, e comparação das estruturas reprodutivas com as descrições dos microfungos disponíveis na literatura especializada (Ellis, 1971; Ellis, 1976; Seifert et al., 2011). Sempre que possível, a identificação foi realizada à nível de gênero/espécie. Os microfungos não identificados, foram caracterizados e agrupados em morfoespécies com base em semelhanças morfológicas de suas estruturas reprodutivas.

#### *2.4 Análise dos dados*

Um inventário foi construído para catalogar a abundância de todos os microfungos assexuais detectados durante o período do trabalho, considerando o tipo de substrato e a sazonalidade climática. Os dados de abundância foram obtidos com base na quantificação da espécie/morfoespécies de microfungo por unidade amostral de folhas e galhos. Isso significa que, se uma mesma espécie/morfoespécie fosse observada várias vezes em uma unidade de substrato, folha ou galho, ele seria contabilizado apenas uma vez para representar a presença desse microfungo naquele substrato específico.

A diversidade beta entre substratos e entre estações das comunidades foi calculada utilizando-se o índice de dissimilaridade de Bray-Curtis. Os cálculos foram baseados nos dados de abundância relativa das espécies, e conduzidos no software estatístico R (R Core Team, 2023). Foram utilizados os pacotes 'vegan' (Oksanen et al., 2019) para análises multivariadas, 'ggplot2' (Wickham, 2016) e 'ggpubr' (Kassambara, 2020) para a geração dos gráficos, 'betapart' (Baselga et al., 2023) para a partição da diversidade beta (beta total, beta substituição e beta aninhamento), 'Rmisc' (Hope, 2022) para cálculos de intervalos de confiança e a função 'plyr' (Wickham, 2011) para manipulação de dados.

A análise de variância permutacional multivariada bifatorial (two-way PERMANOVA), com 10.000 permutações, foi realizada para testar os efeitos do tipo de substrato e da estação sobre as medidas de diversidade beta (total, substituição e

aninhamento). As análises foram executadas com o auxílio da função `adonis2` do pacote 'vegan' do software R (Oksanen et al., 2019; R Core Team, 2023). Para visualizar o número de táxons compartilhados e exclusivos entre os substratos e estações, foi construído um Diagrama de Venn (Bioinformatics, 2021).

A análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) foi empregada para determinar a contribuição individual de cada espécie para as dissimilaridades observadas na comparação em pares das comunidades, utilizando o software Past 4.0 (Hammer et al., 2001).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Uma diversidade considerável de microfungos assexuais associada a folhas e galhos da serrapilheira da vegetação ripária foi observada no presente estudo, com um total de 118 espécimes caracterizados em 58 espécies e morfoespécies (Tabela 1). Nove microfungos foram identificados em nível de espécie (15,5%), 29 em gênero (50%) e 20 morfoespécies (34,5%) foram caracterizadas e diferenciadas com base na morfologia das estruturas reprodutivas, sendo agrupadas em celomicetos, hifomicetos (dematiáceo ou hialino) e os fungos não identificados (FNI). Este último grupo foi assim denominado devido à presença apenas dos conídios no material examinado, o que dificultou a sua identificação. Vale salientar que estes conídios apresentavam características diferentes das espécies que foram identificadas e das morfoespécies caracterizadas, por isso a denominação de FNI.

Todos as espécies de microfungos identificadas no presente trabalho, assim como os diferentes gêneros, são frequentemente citados na literatura como fungos sapróbios associados a substratos vegetais de plantas e localidades diversas, tanto em áreas tropicais como temperadas (Marques et al., 2008; Barbosa et al., 2009; Castañeda Ruiz et al., 2010; Almeida et al., 2011; Costa & Gusmão, 2017; Santa Izabel & Gusmão, 2018; Monteiro et al., 2019; Silva et al., 2021; Santos, 2023; Yang et al., 2023; Dai et al., 2023). A grande maioria dos microfungos são pigmentados, também conhecidos como fungos dematiáceos (70.69%). Estes fungos são caracterizados pela presença de compostos do complexo melanínico na parede

celular das hifas, dos esporos ou de ambos, o que lhes confere uma coloração que varia de tons claros a escuros (Schell, 2002). A pigmentação escura oferece grandes vantagens aos fungos, incluindo alta resistência a diversos gradientes ambientais, tais como período de seca, baixas temperaturas e, especialmente, à exposição direta à radiação solar (Alexopoulos et al., 1996, Cannon & Sutton, 2004).

**Tabela 1.** Microfungos assexuais isolados de folhas (F) e galhos (G) da serrapilheira da vegetação ripária na Cachoeira da Manga durante as estações seca e chuvosa, Pilões-PB, Brejo Paraibano.

TAXON	Seca		Chuva		TOTAL
	F	G	F	G	
<i>Beltrania rhombica</i> Penz.	1	0	2	0	0
<i>Beltraniomyces</i> sp.	0	0	1	0	1
<i>Beltraniopsis</i> sp.	0	0	1	0	1
<i>Aspergillus</i> sp.	1	0	0	0	1
<i>Lepisticola</i> sp.	0	0	0	1	1
celomiceto sp.1	1	0	0	0	1
celomiceto sp.2	0	0	1	0	1
celomiceto sp.3	1	0	0	2	3
<i>Cladosporium</i> sp.	1	0	0	0	1
<i>Conoplea catenata</i> R.F. Castañeda & G.R.W. Arnold	0	0	0	1	1
<i>Dictyochaeta</i> sp.	0	0	2	0	2
<i>Ellisembia</i> sp.1	0	2	0	1	3
<i>Ellisembia</i> sp.2	1	3	0	0	4
<i>Ellisembia</i> sp.3	0	0	0	1	1
<i>Gyrothrix podosperma</i> (Corda) Rabenh.	1	0	0	0	1
<i>Gyrothrix</i> sp.	0	0	1	0	1
hifomiceto dematiáceo sp.1	0	0	2	0	2
hifomiceto dematiáceo sp.2	6	6	0	3	15
hifomiceto dematiáceo sp.3	1	0	1	2	4
hifomiceto hialino sp.	0	0	0	1	1
<i>Idriella</i> sp.	1	0	0	0	1

<i>Lasiodiplodia theobromae</i> (Pat.) Griffon & Maubl.	0	0	0	1	1
<i>Menisporopsis</i> sp.	0	0	1	0	1
<i>Myrothecium</i> sp.1	0	0	1	0	1
<i>Myrothecium</i> sp.2	0	0	1	0	1
<i>Ochroconis</i> sp.	1	0	0	0	1
<i>Penicillium</i> sp.1	6	7	0	0	13
<i>Penicillium</i> sp.2	3	0	0	0	3
<i>Penicillium</i> sp.3	1	0	0	0	1
<i>Periconia byssoides</i> Pers.	0	0	0	1	1
<i>Periconia</i> sp.1	0	0	1	0	1
<i>Periconia</i> sp.2	0	0	1	0	1
<i>Spegazzinia deightonii</i> (S. Hughes) Subram.	0	0	1	0	1
<i>Sporidesmium</i> sp.1	0	1	0	2	3
<i>Sporidesmium</i> sp.2	0	1	0	0	1
<i>Sporidesmium</i> sp.3	0	0	0	1	1
<i>Stachybotrys chartarum</i> (Ehrenb.) S. Hughes	0	0	0	1	1
<i>Tetraploa aristata</i> Berk. & Broome	0	1	0	0	1
<i>Thozetella</i> sp.1	0	0	1	0	1
<i>Thozetella</i> sp.2	1	0	0	0	1
<i>Thozetella</i> sp.3	2	0	0	0	2
<i>Thozetella</i> sp.4	1	0	3	0	4
<i>Torula</i> sp.	0	1	0	0	1
<i>Trichoderma</i> sp.	2	5	0	0	7
<i>Vermiculariopsiella immersa</i> (Desm.) Bender	1	0	1	0	2
FNI1	0	0	0	1	1
FNI2	0	0	0	1	1
FNI3	0	1	0	0	1
FNI4	0	0	0	1	1
FNI5	0	0	0	1	1
FNI6	1	0	0	0	1
FNI7	0	1	0	0	1
FNI8	0	0	0	3	3

FNI9	0	0	0	3	3
FNI10	1	0	0	0	1
FNI11	0	1	0	1	2
FNI12	0	1	0	0	1
FNI13	0	0	0	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>31</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>118</b>

FNI= Fungos não identificados

Ao observar a estrutura de toda a comunidade de microfungos verifica a presença de poucas espécies/morfoespécies dominantes (5,2%) e uma alta frequência de microfungos com abundância reduzida (94,8%) (Tabela 1). Este padrão é bastante comum em comunidades de diferentes grupos de fungos (Bills & Polishook, 1994; Santamaría & Bayman, 2005; Silva et al., 2021), e de diversos outros organismos, incluindo invertebrados, vertebrados e plantas (Magurran & Henderson, 2003; McGill et al., 2007; Ulrich et al., 2010; Fávero et al., 2015; Ter Steege, 2020). Magurran & Henderson (2003) caracterizaram dois componentes presentes nas comunidades biológicas, baseado nesse padrão de distribuição de espécies: um grupo *core*, representado pelas espécies persistentes/abundantes; e as espécies ocasionais, com reduzida abundância, que podem estar associadas a diferentes *habitats* (Magurran & Henderson, 2003). No presente estudo, os microfungos mais abundantes foram hifomiceto dematiáceo sp.2, *Penicillium* sp.1 e *Trichoderma* sp. com abundância relativa de 12,7%, 11% e 5,9% respectivamente. Além de serem mais frequentes na comunidade, esses microfungos também foram os que mais cresceram extensivamente nos substratos vegetais, impedindo, muitas vezes, o desenvolvimento de outros fungos, especialmente aqueles cujo crescimento é mais lento. Esta observação sugere que tais microfungos assexuais podem ter um papel fundamental no processo de decomposição dos substratos estudados.

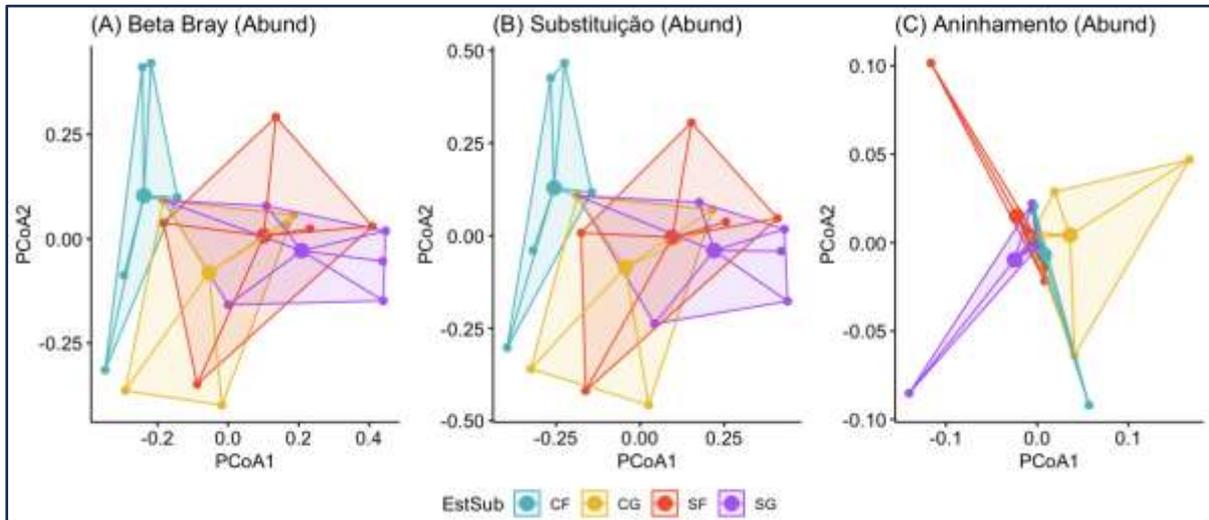
Considerando os microfungos, com baixa frequência de observação na comunidade, também denominados de espécies raras (Magurran, 1988), 40 foram representados por apenas um indivíduo (33,9%); cinco por apenas dois indivíduos (4,2%); e dez táxons (8,5%) apresentaram abundância de três ou quatro espécimes (Tabela 1). Alguns trabalhos consideram que essa alta frequência de espécies com poucos espécimes na comunidade de microfungos pode estar relacionado aos

aspectos metodológicos aplicados na pesquisa (Magurran, 1998; Costa et al., 2015; Fiuza et al., 2019). O método utilizado para o isolamento/detecção de fungos tem influência na composição da comunidade, pois pode favorecer ou reduzir a competição entre os fungos associados aos substratos (Costa, 2008; Fiuza et al., 2019). É importante destacar, entretanto, que espécies raras também desempenham papéis ecológicos importantes, uma vez que o processo de decomposição é realizado por diversas espécies, que desempenham funções ecológicas específicas e essenciais para o funcionamento do ecossistema (McGuire et al., 2013).

A análise da diversidade beta revelou que o tipo de substrato ( $F= 1.495$ ;  $p= 0.043$ ) e a sazonalidade climática ( $F= 1.799$ ;  $p= 0.008$ ) têm influências na composição da comunidade de microfungos. No entanto, a interação entre a sazonalidade e o tipo de substrato não foi estatisticamente significativa ( $F= 0.996$ ;  $p=0,463$ ). Essas variações na composição das espécies entre os diferentes substratos e estações foram impulsionadas, principalmente, por um efeito de substituição de espécies, como observado na análise da partição beta ( $F= 1.733$ ,  $p= 0.030$ ;  $F= 1.912$ ,  $p= 0.011$ , respectivamente) (Figura 3; Apêndice A). De maneira similar à diversidade beta total, a interação entre a sazonalidade e o tipo de substrato não foi estatisticamente significativa pelo efeito da substituição de espécies ( $F= 1.048$ ,  $p= 0.398$ ) (Apêndice A).

Seis táxons foram compartilhados entre os dois substratos investigados, sendo eles: celomiceto sp.3, *Ellisembia* sp.2, hifomiceto dematiáceo sp.2, hifomiceto dematiáceo sp.3, *Penicillium* sp.1 e *Trichoderma* sp. (Figura 4A; Tabela 1). Vinte e sete táxons foram exclusivos para as folhas e 24 para os galhos (Figura 4A). Com base nesses resultados, verificamos que a composição da comunidade de microfungos sapróbios associada a folhas e galhos apresentaram diferenças significativas, como tem sido observado em outros trabalhos (Santa Izabel & Gusmão, 2018; Sobral, 2020; Silva et al., 2021; Silva et al., 2023). Tais diferenças podem estar associadas à especificidade de microfungos por tipo de substrato, os quais apresentam diferenças estruturais dos tecidos vegetais e constituição química, que podem oferecer nichos específicos para diferentes espécies de fungos, que contribuem, conseqüentemente, para a formação de comunidades distintas

(Parungao et al., 2002; Hyde et al., 2007; Voříšková & Baldrian, 2012; Silva et al., 2021).

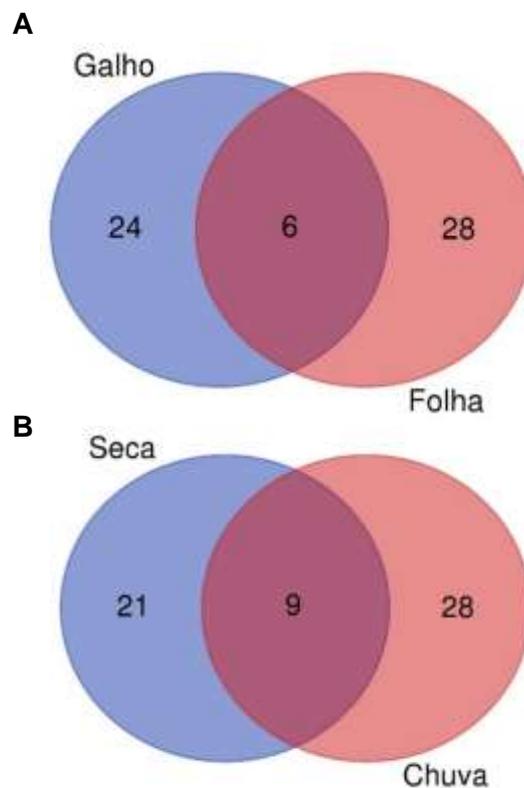


**Figura 3.** Análise de diversidade beta com dados de abundância para as comunidades de microfungos assexuais da serrapilheira da vegetação ripária no Brejo Paraibano-PB (galho= G, folha= F, estação seca= S, estação chuvosa= C).

Considerando a sazonalidade climática, nove microfungos foram compartilhados entre as estações seca e chuvosa, sendo eles, *B. rhombica*, celomiceto sp.3, *Ellisembia* sp.1, FNI11, hifomiceto dematiaceo sp.2-sp.3, *Sporidesmium* sp.1, *Thozetella* sp.4 e *V. imersa* (Figura 4B). Vinte e um táxons foram exclusivos para a estação seca e 27 táxons para a estação chuvosa (Figura 4B). Na estação chuvosa, a distribuição dos espécimes nos táxons foi mais equitativa, não apresentando espécies/morfoespécies com elevada abundância (Tabela 1). Assim, FNI8, FNI9, hifomiceto dematiáceo sp.2-sp.3 e *Thozetella* sp.4 foram os microfungos mais abundantes nessa estação apresentando três espécimes cada um deles; seguido de celomiceto sp.3, *Dictyochoeta* sp., hifomiceto dematiáceo sp.1 e *Sporidesmium* sp.1 com dois espécimes (Tabela 1).

A heterogeneidade temporal, devido à variação das condições ambientais (p. ex. variação na disponibilidade de nutrientes, umidade do solo, pH, etc.) exerce uma forte influência na estrutura e composição das comunidades, visto que selecionam diferentes grupos de microfungos (Crowther et al., 2014; Kivlin et al., 2014; Liu et al., 2023). Os efeitos da sazonalidade climática sobre a comunidade de microfungos sapróbios têm sido constantemente avaliados em diversos trabalhos, os quais, em sua

grande maioria, apresentaram comunidades com maior diversidade de espécies em períodos mais úmidos (Cannon & Sutton, 2004; Paulus et al., 2006; Crowther et al., 2014; Costa & Gusmão, 2017). A temperatura e a umidade relativa do ar são fatores abióticos que têm grande influência na comunidade de fungos terrestres, visto que elevados valores favorecem a propagação no ambiente (Cannon & Sutton, 2004). Tais fatores ambientais influenciam diretamente na germinação dos esporos e colonização dos substratos vegetais da serrapilheira por uma maior diversidade de fungos favorecendo o processo de decomposição da matéria orgânica (Cannon & Sutton, 2004).



**Figura 4.** Número de espécies exclusivas e compartilhadas entre as comunidades de microfungos assexuais associadas aos substratos (folha e galho) da serrapilheira da vegetação ripária (A) e às estações (seca e chuvosa) (B), no Brejo Paraibano-PB.

A análise SIMPER revelou uma dissimilaridade (diferença média absoluta entre as médias dos grupos) significativa entre as comunidades fúngicas das duas estações (seca e chuvosa), com uma média geral de 95,85% (Clarke & Warwick, 2001). Os microfungos, hifomiceto dematiáceo sp.2 e *Penicillium* sp.1, foram os principais

contribuintes para esse resultado (Tabela 2). Em relação aos tipos de substratos, a média de dissimilaridade foi de 95,06%, com os mesmos microfungos apresentados para a sazonalidade climática contribuindo majoritariamente para esse resultado (Tabela 2). A alta dissimilaridade entre as comunidades de microfungos associados a folhas e galhos e entre as estações seca e chuvosa corroboram com os resultados apresentados acima.

**Tabela 2.** Análise de Percentagem de Similaridade (SIMPER) para comunidades de microfungos assexuais associadas a folhas e galhos da serrapilheira da vegetação ripária durante as estações seca e chuvosa, no Brejo Paraibano-PB

<b>Amostras</b>	<b>Média de dissimilaridade (%)</b>	<b>Espécies contribuintes</b>	<b>Contribuição (%)</b>
Galho x Folha	95,06%	Hifomiceto	9,8
		dematiaceo sp.2	
		<i>Penicillium</i> sp.1	9,5
		<i>Trichoderma</i> sp.	5,9
		<i>Thozetella</i> sp.4	3,8
		<i>Ellisembia</i> sp.1	3,3
Chuva x Seca	95,85%	Hifomiceto	9,5
		dematiaceo sp.2	
		<i>Penicillium</i> sp.1	8,3
		<i>Trichoderma</i> sp.	5,5
		<i>Thozetella</i> sp.4	3,9
		<i>Ellisembia</i> sp.2	3,7

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que os substratos vegetais presentes na serrapilheira da vegetação ripária na Cachoeira da Manga são *habitats* importantes para abrigar uma diversidade significativa de microfungos assexuais, além de fornecer informações importantes sobre os efeitos de fatores bióticos e abióticos na

composição de espécies na comunidade. Os diferentes tipos de substratos, galhos e folhas, assim como a sazonalidade climática, chuvosa e seca, exercem influência significativa na estrutura e composição das comunidades fúngicas, visto que apresentaram baixa sobreposição de espécies e um grande número de espécie/morfoespécie exclusiva nas comunidades. As alterações nas comunidades de microfungos foram guiadas por substituição de espécies e não por aninhamento. Estudos sobre a micodiversidade são essenciais para o conhecimento da Funga local, que desempenha um papel crucial na decomposição e ciclagem de nutrientes nos ecossistemas. Além disso, tais trabalhos contribuem para a estimativa total de espécies fúngicas.

## REFERÊNCIAS

- Allegrucci N. et al. (2014). Communities of anamorphic fungi on green leaves and leaf litter of native forests of *Scutia buxifolia* and *Celtis tala*: Composition, diversity, seasonality and substrate specificity. *Revista Iberoamericana de Micología* 32: 71-78.
- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., & Blackwell, M. (1996). *Introductory Mycology*. John Wiley and Sons.
- Almeida, D. A. C., Santa Izabel, T. S., & Gusmão, L. F. P. (2011). Fungos conidiais do bioma Caatinga I. Novos registros para o continente americano, Neotrópico, América do Sul e Brasil. *Rodriguésia*, 62, 43-53.
- Andrade, R. L. et al. (2008). Deposição de serrapilheira em área de Caatinga na RPPN “Fazenda Tamanduá”, Santa Terezinha-PB. *Revista Caatinga*, 21(2).
- Barbosa, F. R., Alves, M. (2018). Diversidade de fungos conidiais em folheto de mata ciliar em floresta úmida de Pernambuco. Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco.
- Barbosa, F. R. et al. (2019). *Beltraniomyces panthericolor* and *B. pulcher* spp. nov. from Brazil. *Mycotaxon*, 134, 555-560.
- Barbosa, F. R. et al. (2021). *Parathozetella microsperma* gen. & sp. nov. From the Brazilian Amazon. *Mycotaxon*, 136, 351-357.
- Barbosa, F. R.; Maia I. C. & Gusmão, L. F. P. (2009). Fungos conidiais associados ao folheto de *Clusia melchiorii* Gleason e *C. nemorosa* G. Mey. (Clusiaceae) em fragmento de Mata Atlântica, BA, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23: 79-84.
- Barreto, G. G.; Gusmão, L. F. P. (2021). Eucalyptus microfungi: a newly discovered species of *Kylindria* (*Glomerellales*, *Reticulascaceae*) from Brazil and a key to the genus. *New Zealand Journal of Botany*, p. 1-8.
- Barreto, G. G., & Gusmão, L. F. P. (2022). Eucalyptus microfungi: a newly discovered species of *Kylindria* (*Glomerellales*, *Reticulascaceae*) from Brazil and a key to the genus. *New Zealand journal of botany*, v. 60, n. 1, p. 60–67.
- Baselga A. et al. (2023). betapart: Partitioning Beta Diversity into Turnover and Nestedness Components. R package version 1.6. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=betapart>. Acesso em: 13 maio. 24.
- Bills G.F. & J.D. Polishook. (1994). Abundance and diversity of microfungi in leaf litter of a lowland rain forest in Costa Rica. *Mycologia*. 86: 187–198.
- Bioinformatics & Evolutionary Genomics. (2021). Disponível em: <http://bioinformatics.psb.ugent.be/webtools/Venn/>. Acesso em: 08 maio. 24.

- Cannon, P. F., & Sutton, B. C. (2004). Microfungi on wood and plant debris. In M. S. Foster, G. F. Bills, & G. M. Mueller (Eds.), *Biodiversity of fungi: Inventory and monitoring methods* (pp. 217-239). San Diego: Elsevier, Academic Press.
- Cardoso, J. S. (2014). Serra do Espinho, Pilões/PB: as trilhas e seu potencial geoturístico. Monografia. Universidade Estadual da Paraíba.
- Castaneda Ruiz, R. F. et al. (2016). Fungal diversity of central and South America. In M. Stadler (Ed.), *Biology of Microfungi* (pp. 197-217). Springer.
- Castaneda Ruiz, R. F. et al. (2010). A new species of *Corynesporopsis* from Portugal. *Mycotaxon*, 114, 407-415.
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). Change analysis of assemblage structure using multivariate methods. In *Marine community ecology* (pp. 213-266). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Costa, L. A. (2008). Fungos endófitos associados ao cacauzeiro. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras.
- Costa, L. A., & Gusmão, L. F. P. (2017). Communities of saprobic fungi on leaf litter of *Vismia guianensis* in remnants of the Brazilian Atlantic Forest. *J. For. Res*, 28(1), 163-172.
- Costa, L. A., Peixoto PEC, & Gusmão, L. P. F. (2015). Effects of storage conditions and culture media on the saprobic fungi diversity in tropical leaf litter. *Mycosphere*, 6(1), 43–52.
- Crowther, T. W. et al. (2014). Untangling the fungal niche: the trait-based approach. *Frontiers in Microbiology*, 5, 579.
- Dai Dong-Qin. et al. (2023) Editorial: Plant-fungal interactions. *Frontiers in Microbiology*, 14. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2023.123639> 4. Acesso em: 22 abril. 24.
- Della Coletta, B. B., & Vasconcelos, T. S. (2022). Diversidade beta e sua importância na biologia da conservação. *Aprendendo Ciência*, 11(1), 6-10. ISSN 2237-8766.
- Dix, N.J. and Webster, J. (1995). Fungi of Extreme Environments. In *Fungal Ecology*, Springer, Dordrecht, 322-340. - References - Scientific Research Publishing. Disponível em: <<https://scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3094007>>. Acesso em: 13 maio. 24.
- Ellis, M.B. (1971). Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England, 608. - References - Scientific Research Publishing. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=2024742>. Acesso em: 13 maio. 24.

Ellis, M.B. (1976) More dematiaceous hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England, 507. - References - Scientific Research Publishing. Disponível em:

<https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=2024743>. Acesso em: 15 maio. 24.

Fávero, A. A. et al. (2015). Distribuição de abundância de espécies da comunidade arbórea do topo de um morro na floresta estacional subtropical. *Ciência Rural*, v. 45, n. 5, p. 806–813.

Ferreira, N. C. F., et al. (2019). O papel das matas ciliares na conservação do solo e água. *Biodiversidade*, 18(3), 171-179.

Ferreira, R. L. C, et al (2007). Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). *Revista Árvore*, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 7-12.

Fiuza, P. O., & Gusmão, L. F. P. (2013). Ingoldian fungi from semiarid Caatinga biome of Brazil. The genus *Campylospora*. *Mycosphere*, 4, 559-565.

Fiuza, P. O. et al. (2019). Diversity of freshwater hyphomycetes associated with leaf litter of *Calophyllum brasiliense* in streams of the semiarid region of Brazil. *Mycological Progress*, 18, 907-920.

Francisco, P. R. M. et al. (2015). Classificação climática de Köppen Thornthwaite para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8 (4): 1006-1016.

Golley, F.B. et al. (1978). Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida. São Paulo: EDUSP, 256p.

Grandi, R. A. P., & Gusmão, L. F. P. (2002). O gênero *Subulispora* Tubaki (Fungos mitospóricos – Hyphomycetes) sobre folhas em decomposição no estado de São Paulo, Brasil. *Hoehnea*, 29(1), 31-36.

Grandi, R. A. P., & Silva, P. da. (2010). Caracterização morfológica de fungos conidiais decompositores de folheto provenientes de Cubatão, SP, Brasil. *Hoehnea*, 37(4), 769-777.

Hammer, D. et al. (2001). Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontology Electronica*, v. 4, n. 1, p. 178.

Heilmann-Clausen. et al. (2015). A fungal perspective on conservation biology. *Conservation Biology*, 29(1), 61–68.

Hope, R. M. (2022). Rmisc: Ryan Miscellaneous. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/Rmisc/index.html>>. Acesso em: 22 maio. 24.

Yanna, Ho, W.H. & Hyde, K.D. (2001). Fungal communities on decaying palm fronds in Australia, Brunei, and Hong Kong. *Mycological Research* 105: 1458–1471.

Hyde, K. D. et al. (2007). Diversity of saprobic microfungi. *Biodiversity and Conservation*, 16(1), 7-35.

Kassambara, A. (2020). ggpubr: 'ggplot2' based publication ready plots. R package version 0.4.0. Disponível em: <https://rpkgs.datanovia.com/ggpubr/>. Acesso em: 13 maio. 24.

Kivlin, S. N. et al. (2014). Environmental filtering affects soil fungal community composition more than dispersal limitation at regional scales. *Fungal Ecology*, v. 12, p. 14-25, 2014. ISSN 1754-5048.

Köppen, W. (1936). Das geographische System der Klimate. KÖPPEN, W.; R. G. EIGER (eds.) *Handbuch der Klimatologie*. – Gebrüder Bornträger, Berlin, 1, 1-44, part C.

Kumar R., Tapwal A., & Baruah D.M. (2012). Leaf litter decomposition pattern in *Dipterocarpus tuberculatus* and *Dipterocarpus retusus* forests of North East India. *Res J For* 6:24–31.

Liu, S. et al. (2023). Assessing the structure and diversity of fungal community in plant soil under different climatic and vegetation conditions. *Frontiers in Microbiology*, 14, 681650.

Magalhães, D. M. A. et al. (2011). Riqueza de fungos anamorfos na serapilheira de *Manilkara maxima*, *Parinari alvimii* e *Harleyodendro nunifoliolatum* na Mata Atlântica do Sul da Bahia. *Acta Bot. Bras*, 25(4), 899-907.

Magurran, A. E., & Henderson, P. A. (2003). Explaining the excess of rare species in natural species abundance distributions. *Nature*, 422, 714-718.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Marques, A. L. et al. (2015). Solos-relevo e áreas agrícolas: correlações com a degradação de solos nos brejos de altitude da Paraíba. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 6, n. 2, p. 91–100.

Marques, M. F. O., Gusmão, L. F. P., & Maia, L. C. (2008). Riqueza de espécies de fungos conidiais em duas áreas da Mata Atlântica no Morro da Pioneira, serra da Jibóia, BA, Brasil. *Acta Bot. Bras*, 22(4), 954-961.

Mason, C.F. (1980). *Decomposição*. Ed. Universidade de São Paulo. Ed. Pedagógica Universitária, v. 18, São Paulo. 63 p.

McGill B. et al. (2007). Species abundance distributions: indo além de teorias de previsão única para integração dentro de uma estrutura ecológica. *Ecol Lett*; 10:995-1015. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01094.x.

McGuire, K. L. et al. (2013) Digging the New York City Skyline: Soil Fungal Communities in Green Roofs and City Parks. v. 8, n. 3, p. e58020–e58020.

- Meguro, M.; Vinueza, G.N. & Delitti, W.B.C. (1980). Ciclagem de nutrientes na Mata Mesófila Secundária, São Paulo, III - Decomposição do material foliar e liberação dos nutrientes minerais. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 8: 7-20.
- Moreira, E. R. F. (1989). Mesorregiões e microrregiões da Paraíba: delimitação e caracterização. [s.l.] Gabinete do Planejamento e Ação Governamental. Disponível em: [https://books.google.com.br/books/about/Mesorregi%C3%B5es\\_e\\_microrregi%C3%B5es\\_da\\_Para%C3%AD.html?id=1OxfHQAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.br/books/about/Mesorregi%C3%B5es_e_microrregi%C3%B5es_da_Para%C3%AD.html?id=1OxfHQAACAAJ&redir_esc=y). Acesso em: 13 maio. 24.
- Miranda, P., S. et al. (2022). Levantamento e novos registros de fungos associados à serapilheira de *Inga edulis* e *Lafoensia pacari* na Mata Atlântica no sudeste da Bahia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(02), 1035-1052.
- Monteiro, J. S., Sarmiento, P. S. M., & Sotao, H. M. P. (2019). Saprobic conidial fungi associated with palm leaf litter in eastern Amazon, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91(3), e20181049.
- Muthukrishnan S., Sanjayan K.P., & Jahir H.K. (2012). Species composition, seasonal changes and community ordination of alkalotolerant micro fungal diversity in a natural scrub jungle ecosystem of Tamil Nadu, India. *Mycosphere* 3(2):92–109.
- Oksanen, J. et al. (2019). vegan: Community ecology package. R package version 2.5-6. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Parungao, M.M.; Fryar, S.C. & Hyde, K.D. (2002). Diversity of fungi on rainforest litter in North Queensland, Australia. *Biodiversity and Conservation* 11: 1185-1194.
- Paulus, B. C. et al. (2006). Diversity and distribution of saprobic microfungi in leaf litter of an Australian tropical rainforest. *Mycol. Res*, 110, 1441-1454.
- Porrás-Alfaro, A., & Bayman, P. (2011). Hidden fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes. *Annual Review of Phytopathology*, 49, 291–315.
- R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 13 maio. 24.
- Santa Isabel, T.; Gusmão, F.L.P. (2018). Richness and diversity of conidial fungi associated with plant debris in three enclaves of Atlantic Forest in the Caatinga biome of Brazil. *Plant Ecol Evol* 151(1): 35-47.
- Santamaría, J., & Bayman, P. (2005). Fungal epiphytes and endophytes of coffee leaves (*Coffea arabica*). *Microbial ecology*, 50(1), 1–8.
- Santos, B. M. (2023). Fungos conidiais em folheto de ambiente cavernícola da Floresta Nacional Serra dos Carajás, Pará, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.

Schell, W. A. (2002). Dematiaceous hyphomycetes. In: Pathogenic fungi in humans and animals (pp. 571-642). CRC Press.

Seifert, K. et al (2011). The genera of Hyphomycetes. Utrecht: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. CBS Biodiversity Series, no. 9.

Silva, H. F. et al. (2023). Diversity and composition of asexual ascomycetes associated with aquatic and terrestrial forest plant debris in Rio Grande do Norte (Brazil) revealed by direct observation. *Nova Hedwigia*, 89–104.

Silva, S. S., Izabel, T. S. S., & Gusmão, L. F. P. (2014). Fungos conidiais associados a substratos vegetais submersos em algumas áreas do bioma Caatinga. *Rodriguésia (Online)*, 65, 527-538.

Silva, S. S., Costa, L. A., & Gusmão, L. F. P. (2021). Diversity of saprotrophic filamentous fungi on *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (*Brazilian pine*). *Brazilian Journal of Microbiology*, 52(3), 1489–1501.

Sobral, W. M. (2020). Caracterização das Comunidades de Fungos Assexuais em Diferentes Substratos em um Fragmento de Mata Úmida da Paraíba. TCC (Graduação), Ciências Biológicas, Universidade Federal da Paraíba.

Ter Steege, H. et al. (2020). Biased-corrected richness estimates for the Amazonian tree flora. *Scientific Reports*, 10(1), 1-13.

Trappe, J. M., & Schenck, N. C. (1982). Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonales). In: Schenck NC (Ed.) *Methods and Principles of Micorrhizal Research*. St. Paul, The American Phytopathological Society. p.01-09.

Ulrich W, Ollik M, Ugland KI (2010). A meta-analysis of species-abundance distributions. *Oikos*, 1149–1155.

Voříšková, J., & Baldrian, P. (2012). Fungal community on decomposing leaf litter undergoes rapid successional changes. *The ISME Journal*, 7(3), 477–486.

Wickham, H. (2011). The split-apply-combine strategy for data analysis. *Journal of Statistical Software*, 40(1), 1–29.

Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-24277-4>. Acesso em: 13 maio. 24.

Yang, E.-F. et al. (2023). Taxonomic and Phylogenetic Studies of Saprobic Fungi Associated with *Mangifera indica* in Yunnan, China. *Journal of Fungi*, 9(6), 680.

Zhang, W., Hendrick, R. L., & Scurlock, J. M. O. (2008). Litter decomposition and nutrient recycling. In: *Forest Ecosystems* (pp. 187-210). Elsevier.

**APÊNDICE A – Resultados da PERMANOVA two-way com 10000 permutações examinando os efeitos da estação (EST), substrato (SUB), substituição e aninhamento sobre a heterogeneidade composicional de microfungos assexuais da vegetação ripária, no Brejo Paraibano-PB**

AMOSTRAS	d.f.	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Modelo F	<i>p</i>
<b>Diversidade Beta total (Bray-Curtis)</b>					
EST	1	0.762	0.077	1.799	<b>0.008</b>
SUB	1	0.633	0.064	1.495	<b>0.043</b>
EST x SUB	1	0.422	0.042	0.996	0.463
Residual	19	8.052	0.815		
Total	22	9.870			
<b>β - Substituição</b>					
EST	1	0.772	0.080	1.912	<b>0.011</b>
SUB	1	0.700	0.073	1.733	<b>0.030</b>
EST x SUB	1	0.423	0.044	1.048	0.398
Residual	19	7.677	0.801		
Total	22	9.573			
<b>β - Aninhamento</b>					
EST	1	0.008	0.306	6.106	0.264
SUB	1	-0.010	-0.374	-7.458	0.958
EST x SUB	1	0.003	0.113	2.257	0.431
Residual	19	0.027	0.954		
Total	22	0.028			

- df = grau de liberdade

- Valores em negrito são considerados significativos assumindo  $\alpha = 0,05$ .