



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA E BIOCÊNCIAS

ISABELA MARIA AGUSTINI DA SILVEIRA BASTOS

**ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE
FUNGOS ENDOFÍTICOS DE MANGUEZAIS DA ILHA DE SANTA
CATARINA**

FLORIANÓPOLIS

2022

Isabela Maria Agustini da Silveira Bastos

**ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE
FUNGOS ENDOFÍTICOS DE MANGUEZAIS DA ILHA DE SANTA
CATARINA**

Dissertação submetida ao Programa de Programa de Pós-graduação em Biotecnologia e Biociências da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Biotecnologia e Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Mário Steindel

Coorientador: Prof. Dr. Diogo Robl

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Bastos, Isabela Maria Agustini da Silveira
Isolamento e identificação de fungos endofíticos de
manguezais da Ilha de Santa Catarina / Isabela Maria
Agustini da Silveira Bastos ; orientador, Mário Steindel,
coorientador, Diogo Robl, 2022.
117 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós
Graduação em Biotecnologia e Biociências, Florianópolis,
2022.

Inclui referências.

1. Biotecnologia e Biociências. I. Steindel, Mário. II.
Robl, Diogo. III. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biociências.
IV. Título.

Isabela Maria Agustini da Silveira Bastos

**Isolamento e identificação de fungos endofíticos de manguezais da Ilha de Santa
Catarina**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Mário Steindel - Presidente
PPGBTC – UFSC

Profª. Dra. Ida Chapaval Pimentel
Departamento de Patologia Básica - UFPR

Prof. Dr. Rubens Tadeu Delgado Duarte
PPGBTC – UFSC

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em biotecnologia e biociências.

Prof(a). Dr(a). Patricia Hermes Stoco
Subcoordenadora do Programa

Prof. Dr. Mário Steindel
Orientador

Florianópolis, 2022

Dedico este trabalho à Deus pela vida, aos meus queridos pais, Marcela Cristina Agustini e Bruno Leite Bastos, ao meu padrasto Paulo Henrique Tschoeke, à minha avó Célia Maria, por todos os ensinamentos e amor recebido e ao meu querido avô Aderval Carneiro pela saudade que sinto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me conceder saúde e forças em todos os momentos difíceis durante o curso e o desenvolvimento e conclusão desta etapa.

Agradeço aos meus pais, Marcela Cristina Agustini, Bruno Leite Bastos, meu padrasto Paulo Henrique Tschoeke e minha avó Célia Maria, por todo apoio e incentivo para realização de mais essa etapa da minha vida. Agradeço a toda minha família, em especial ao meu avô Aderval Carneiro da Silveira, que não pôde estar presente em alma neste momento, porém, estará sempre em meu coração.

Ao meu professor e orientador prof. Dr. Mário Steindel, pela orientação, confiança, paciência, respeito, ensinamentos, descontrações e fonte de inspiração e de crescimento para minha vida acadêmica.

Ao meu coorientador, prof. Dr. Diogo Robl, pelos ensinamentos e por ter me auxiliado nas minhas pesquisas. Agradeço pela orientação dada para as identificações de amostras fúngicas.

A professora Gislaine Fongaro, pela ajuda nas realizações desse projeto de pesquisa e escrita dos artigos científicos.

Aos membros da Banca, professores Ida Chapaval Pimentel e Rubens Tadeu Delgado Duarte por aceitarem avaliar este trabalho.

Aos professores do Laboratório de Microbiologia e Processos Biotecnológicos (LAMPB), Prof. Dr. Rubens Tadeu Delgado Duarte, Prof. Dr. Admir José Giachini e Prof. Dr. Claudio Roberto Fonseca Sousa Soares, por terem disponibilizado um espaço no laboratório para a realização deste trabalho e pelo suporte metodológico e pessoal.

Ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO), pela autorização ao acesso dos recursos genéticos para coletas de plantas de mangue de Florianópolis, SC.

Ao prof. Paulo Horta do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) pelo auxílio na identificação do material vegetal.

Ao Laboratório de Protozoologia (PROTO) por todas as discussões científicas e momentos compartilhados.

Aos meus amigos de Floripa, André Felipe da Silva, Sabrina Cavalcante, Joana Lopes, Ana Claudia Oliveira, Amanda Hecktheuer, Carla Biscaino, Gustavo Volpato, Amábilli Rosar,

Viviane Flores, Gabriela Pinto, Juliana Floothuis , Marcelo Yutaro, Renata Silveira, Thaynara Romão, Marilene Rosa, João Monteiro e Edenilson, pela paciência, compreensão e apoio em todos os momentos de felicidades (fofocas, risadas, idas às praias e festas, cafezinho da tarde e comemoração de aniversário), de dificuldades (choros por saudade de família) e de dúvidas científicas durante esta caminhada.

Ao meu amigo Rafael Dorighello Cadamuro pelo auxílio na realização de parte deste trabalho.

As minhas amigas Clara Quemel, Julia Maia, Letícia Corrêa, Michele e Mirella Pires, por juntas durante um ano, termos morado juntas e conhecido Florianópolis e a UFSC. Obrigada pelo apoio durante toda a minha fase de mudança e adaptação em Floripa e primeira vez longe da família.

Ao PPGBIOTEC e à UFSC por ter possibilitado conhecimentos para a conclusão desta nova etapa da minha vida.

A FAPESC pelo apoio financeiro e bolsa de estudo.

Muito obrigada!

Viver é enfrentar um problema
atrás do outro. O modo como
você o encara é que faz a diferença.”
(Benjamin Franklin)

RESUMO

O ecossistema do manguezal desempenha papel fundamental na conservação da biodiversidade de plantas, animais e microrganismos que exercem funções essenciais nos ciclos da matéria (carbono, nitrogênio e fósforo). A diversidade genética de fungos endofíticos, isolados de mangue, tem sido pouco explorada, principalmente no estado de Santa Catarina (SC) e a ação antrópica tem impactado negativamente esses ecossistemas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a biodiversidade de fungos endofíticos de *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle* e *Spartina alterniflora* de dois manguezais da Ilha de Santa Catarina: um impactado pela ação antrópica (Mangue do Itacorubi) e outro preservado em uma Estação Ecológica (Mangue de Ratonés). As coletas foram realizadas entre janeiro de 2020 a maio de 2021. Realizou-se o isolamento de fungos endofíticos a partir de folhas, caules e raízes das respectivas plantas de manguezais em quatro meios de cultura convencionais (Batata Dextrose Ágar- BDA e Ágar Sabouraud com e sem água do mar). Os isolados foram identificados e agrupados em morfogrupos por meio de características morfológicas e posteriormente um representante de cada morfogrupo foi identificado molecularmente por meio do sequenciamento da região ITS1. Os dados do isolamento foram transformados e a análise de variância foi realizada para os fatores de espécie vegetal, partes da planta e local de isolamento a partir dos dados de frequência fúngica endofítica. Foram obtidos 373 isolados a partir de fragmentos dos materiais vegetais coletados, dos quais, 96 e 277 isolados foram obtidos do mangue do Itacorubi e de Ratonés, respectivamente, com diferença significativa para a frequência fúngica entre eles ($p < 0,01$). A características macro e micromorfológicas dos 373 isolados permitiram identificar 364 isolados fúngicos. A identificação molecular mostrou que a comunidade fúngica endofítica associada às plantas de manguezais da Ilha de Santa Catarina é composta por pelo menos 20 gêneros diferentes: *Fusarium*, *Trichoderma*, *Colletotrichum*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Bjerkandera*, *Aspergillus*, *Epicoccum/Glonium*, *Phyllosticta*, *Curvularia*, *Arthriniium*, *Diaporthe/Phomopsis*, *Pseudogymnoascus*, *Venturia*, *Stemphylium*, família *Xylariaceae*, *Buergenerula*, *Neofusicoccum*, *Phlebia* e *Scopulariopsis*. Quanto a diversidade da comunidade fúngica os dados revelaram que o manguezal não impactado ($H' = 2,38$) apresentou um maior índice de diversidade de gêneros em comparação ao mangue impactado ($H' = 2,33$). Estes resultados sugerem que a ação antrópica ao redor do manguezal catarinense impactou negativamente na diversidade de fungos endofíticos, reforçando a necessidade de preservação desses locais para manutenção da diversidade e comunidade fúngica presente. Futuramente a identificação dos isolados a nível de espécie, por meio do sequenciamento de marcadores específicos se faz necessária para obter mais dados relacionados a biodiversidade dos mangues estudados.

Palavras-chave: *Avicennia schaueriana*; *Rhizophora mangle*; *Laguncularia racemosa*; *Spartina alterniflora*; fungo endofítico; mangue, biodiversidade.

ABSTRACT

The mangrove ecosystem plays a fundamental role in the conservation of the biodiversity of plants, animals and microorganisms that are essential for materials cycles (carbon, nitrogen and phosphorus). The genetic diversity of endophytic fungi isolated from mangroves has been little explored, especially in Santa Catarina state (SC), and human action has negatively impacted these ecosystems. This study aimed to evaluate the biodiversity of endophytic fungi of *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle* and *Spartina alterniflora* from two mangroves on the island of Santa Catarina: one impacted by anthropic action (Mangue do Itacorubi) and the other preserved in an Ecological Station (Mangue de Ratonés). Samplings were carried out between January 2020 and May 2021. Endophytic fungi were isolated from leaves, stems and roots in four conventional culture media for the isolation of endophytic fungi from mangroves (Potato Dextrose Agar-BDA and Sabouraud agar with and without seawater). The isolates were identified and grouped into morpho groups through morphological characteristics and further a representative strain of each morpho group was identified through ITS1 sequencing. Isolation data were transformed into endophytic fungal frequency and variance analysis was performed for factors of plant species, parts of the plant and place of isolation. A total of 373 isolates were obtained from harvested the collected plant materials fragments, which 96 and 277 isolates were obtained from the Itacorubi and Ratonés mangroves, respectively, with a significant difference in fungal frequency between them ($p < 0.01$). The macro and micromorphological characteristics of the 373 isolates allowed the identification of 364 fungal isolates and 9 isolates of filamentous bacteria. Molecular identification showed that the endophytic fungal community associated with mangrove plants on Santa Catarina Island is composed of at least 20 different genera: *Fusarium*, *Trichoderma*, *Colletotrichum*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Bjerkandera*, *Aspergillus*, *Epicoccum/Glonium*, *Phyllosticta*, *Curvularia*, *Arthrinium*, *Diaporthe/Phomopsis*, *Pseudogymnoascus*, *Venturia*, *Stemphylium*, family *Xylariaceae*, *Buergenerula*, *Neofusicoccum*, *Phlebia* and *Scopulariopsis*. Regarding to fungal community diversity, the data revealed that the unimpacted mangrove ($H' = 2.38$) presented a higher genera index diversity compared to the impacted mangrove ($H' = 2.33$). These results suggest that anthropic action in/around the Santa Catarina mangrove had a negative impact on endophytic fungi diversity, which reinforces the importance to preserve these environments to maintain fungal community diversity. In the future, strains identification at species level, using specific sequences markers and preserve these isolates is mandatory to obtain more data related to these mangroves' biodiversity.

Keywords: *Avicennia schaueriana*; *Rhizophora mangle*; *Laguncularia racemosa*; *Spartina alterniflora*; endophyte; mangrove; biodiversity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentagem (%) de áreas de mangue ao longo dos continentes.....	21
Figura 2. Distribuição de áreas de mangue (ha)	22
Figura 3. Distribuição de áreas de mangue (ha) ao longo da costa brasileira	23
Figura 4. Mapa dos manguezais presentes em Florianópolis, na Ilha de Santa Catarina: Manguezal Ratonos (1), Manguezal Saco Grande (2), Manguezal do Itacorubi (3), Manguezal Tavares (4) e Manguezal Tapera (5).....	25
Figura 5. Número de gêneros e espécies autóctones de plantas de mangue registradas no mundo e no Brasil.....	26
Figura 6. Porcentagem de fungos, bactérias, algas e protozoários presentes em manguezais tropicais.	29
Figura 7. Mapa de estudo e coleta do material vegetal nos mangues:.....	36
Figura 8. Detalhes da coleta do material vegetal nos mangues: A) Itacorubi e B) Ratonos....	37
Figura 9. Metodologia de isolamento de fungos endofíticos a partir de espécies vegetais.....	40
Figura 10. Frequência fúngica endofítica das espécies <i>A. schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> , <i>R. mangle</i> e <i>S. alterniflora</i> . Letras iguais representam ausência de diferença estatisticamente significativa. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $X + 1$	45
Figura 11. Frequência fúngica endofítica do mangue impactado e não impactado.	46
Figura 12. Frequência fúngica endofítica a partir de folha, caule e raiz a partir de plantas endêmicas de mangue. Letras iguais representam ausência de diferença estatisticamente significativa. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $\sqrt{(X+1)}$	47
Figura 13. Frequência fúngica endofítica de meio de cultura 1, 2, 3 e 4. Letras iguais representam ausência de diferença estatisticamente significativa. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $X + 1$	48
Figura 14. Frequência fúngica endofítica da interação da parte da planta x local de isolamento. Letras iguais representam ausência de diferença estatisticamente significativa. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $X + 1$	49
Figura 15. Frequência fúngica endofítica da interação espécie x local de isolamento. Letras iguais representam ausência de diferença estatisticamente significativa. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $X + 1$	50

Figura 16. Frequência fúngica endofítica da interação espécie x parte da planta. Letras iguais representam ausência de diferença estatisticamente significativa. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $X + 1$	51
Figura 17. Número de isolados endofíticos com base nas características morfológicas.....	52
Figura 18. Macromorfologia do crescimento colonial do verso e reverso em meios de cultura a 25°C por 3 ou 7 dias obtidos no isolamento de fungos endofíticos de manguezais da Ilha de Santa Catarina. Meio 1 e 3 dias: A (<i>Arthrinium</i> spp.), C (<i>Aspergillus</i> sp.2), D (<i>Aspergillus</i> sp.3), H (<i>Aspergillus</i> sp.7), K (<i>Cladosporium</i> sp.2), T (<i>Fusarium</i> sp.1), U (<i>Fusarium</i> sp.2), V(<i>Fusarium</i> sp.3), W (<i>Fusarium</i> sp.4), X (<i>Fusarium</i> sp.5), Y (<i>Fusarium</i> sp.6) e Z (<i>Fusarium</i> sp.7); Meio 2 e 3 dias: (<i>Aspergillus</i> sp.1) F (<i>Aspergillus</i> sp.5) (F), I (<i>Buergenerula</i> sp.), J (<i>Cladosporium</i> sp.1), L (<i>Cladosporium</i> sp.3), AA (<i>Fusarium</i> sp.8); Meio 4 e 3 dias: G (<i>Aspergillus</i> sp.4) e GG (<i>Penicillium</i> sp.3); Meio 2 e 7 dias: M (<i>Colletotrichum</i> sp.) , O (<i>Curvularia</i> sp. 2) e P (<i>Epicoccum</i> sp.1); Meio 1 e 7 dias: N (<i>Curvularia</i> sp.1), R (<i>Epicoccum</i> sp.3), S (<i>Epicoccum</i> sp.4); Meio 4 e 7 dias: Q (<i>Epicoccum</i> sp.2).	53
Figura 18.1 Meio 1 e 3 dias: CC (<i>Geotrichum/Bjerkandera</i> sp. 1), DD (<i>Geotrichum/Bjerkandera</i> sp.2), EE (<i>Penicillium</i> sp.1), FF (<i>Penicillium</i> sp.2), HH (<i>Penicillium</i> sp.4), II (<i>Penicillium</i> sp.5), JJ (<i>Penicillium</i> sp.6), KK (<i>Penicillium</i> sp.7), NN (<i>Penicillium</i> sp.10) e TT (<i>Trichoderma</i> sp.3); Meio 2 e 3 dias: LL (<i>Penicillium</i> sp.8), MM, (<i>Penicillium</i> sp.9), SS (<i>Trichoderma</i> sp.2) e UU (<i>Trichoderma</i> sp.4); Meio 3 e 3 dias: E (<i>Aspergillus</i> sp.4) e RR (<i>Trichoderma</i> sp.1); Meio 1 e 7 dias: OO (<i>Phoma/Phyllosticta</i> sp.); Meio 1 e 7 dias: BB (<i>Geomyces/Pseudogymnoascus</i> sp.) e QQ (<i>Stemphylium</i> sp.); Meio 3 e 7 dias: PP (<i>Scopulariopsis</i> sp.) VV (<i>Venturia</i> sp).	54
Figura 19. Características micromorfológicas dos gêneros dos fungos endofíticos de manguezais da Ilha de Santa Catarina. A: <i>Arthrinium</i> spp; B: <i>Aspergillus</i> sp.1; C: <i>Aspergillus</i> sp.3; D: <i>Buergenerula</i> sp.; E: <i>Cladosporium</i> sp.; F: <i>Colletotrichum</i> sp.; G: <i>Curvularia</i> sp.; H: <i>Epicoccum</i> sp.....	55
Figure 19.1 . Características micromorfológicas dos gêneros dos fungos endofíticos de manguezais da Ilha de Santa Catarina. I: <i>Fusarium</i> sp; J: <i>Geomyces/Pseudogymnoascus</i> ; K: <i>Geotrichum/ Bjerkandera</i> sp. L: <i>Penicillium</i> sp.1; M: <i>Penicillium</i> sp.3; N: <i>Phoma/Phyllosticta</i> sp.; O: <i>Scopulariopsis</i> sp.; P: <i>Stemphylium</i> sp.....	56
Figura 19.2 Características micromorfológicas dos gêneros dos fungos endofíticos de manguezais da Ilha de Santa Catarina. Q: <i>Trichoderma</i> sp.; R: <i>Venturia</i> sp.....	57

Figura 20. Porcentagem de identificação de endófitos fúngicos em nível gênero e espécie a partir do sequenciamento de alto desempenho da região ITS1.	64
Figura 21. Gêneros de fungos endofíticos isolados de plantas de dois manguezais da Ilha de Santa Catarina.	71
Figura 22. Número de isolados de gêneros de fungos endofíticos por cada local de isolamento (mangue impactado e não impactado).	77
Figura 23. Número de isolados de fungos endofíticos por cada espécie de planta.	80
Figura 24. Número de isolados de fungos endofíticos por cada folha, caule e raiz de plantas de mangue.	82
Figura 25. Número de isolados de fungos endofíticos em cada meio de cultura (1, 2, 3 e 4)..	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição dos meios de cultura utilizados para isolamento fúngico.	38
Tabela 2. Análise de variância para os fatores parte da planta (folha, caule e raiz), local de isolamento (Itacorubi local impactado, Ratonés/local não impactado), e espécie (<i>A. schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> , <i>R. mangle</i> , e <i>S. alterniflora</i>).	44
Tabela 3 - Identificação taxonômica de 51 isolados de fungos endofíticos baseada no sequenciamento da região ITS1 e análise via BLASTn.	65
Tabela 4. Diversidade de gêneros de fungos endofíticos para os fatores de variação: partes das plantas (folha, caule e raiz), local de isolamento (Itacorubi/local impactado e Ratonés/local não impactado), espécie (<i>A. schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> , <i>R. mangle</i> , e <i>S. alterniflora</i>) e meio de cultura (1, 2, 3 e 4), realizado a partir do índice de Shannon (H').	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ha - Hectares

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

km - Quilômetro

m - metro

MMA - Ministério do Meio Ambiente

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 HIPÓTESE.....	20
3 OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo Geral	20
3.2 Objetivos Específicos.....	20
4 REVISÃO DA LITERATURA.....	21
4.1 O ECOSSISTEMA MANGUEZAL.....	21
4.1.2 Distribuição de manguezais	21
4.1.2.2 <i>Manguezais brasileiros.....</i>	22
4.1.2.3 <i>Manguezais da Ilha de Santa Catarina</i>	23
4.1.2.3.1 <i>Manguezais de Florianópolis.....</i>	24
4.1.3 Adaptações de manguezais	25
4.1.4 Biodiversidade de plantas de manguezais	26
4.1.4.1 <i>Avicennia schaueriana.....</i>	27
4.1.4.2 <i>Laguncularia racemosa</i>	27
4.1.4.3 <i>Rhizophora mangle.....</i>	28
4.1.4.4 <i>Spartina alterniflora</i>	28
4.1.4.5 <i>Hibiscus pernambucensis</i>	28
4.1.4.6 <i>Acrostichum danaeifolium.....</i>	28
4.1.5 Biodiversidade microbiana de manguezais	29
4.1.5.1 <i>Microrganismos epifíticos, endófitos, simbiontes</i>	30
4.1.6 Fungos endofíticos de mangue.....	31
4.1.6.1 <i>Diversidade de fungos endofíticos isolados de manguezais.....</i>	31
4.1.7 Potencial econômico, científico e biotecnológico de fungos endofíticos em geral e de mangue	32

5 METODOLOGIA.....	35
5.1 ÁREA DE ESTUDO	35
5.2 COLETA E IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL VEGETAL	35
5.3 PREPARO DOS MEIOS DE CULTURA PARA O ISOLAMENTO DE FUNGOS ENDOFÍTICOS.....	38
5.4 ISOLAMENTO DE FUNGOS ENDOFÍTICOS.....	39
5.4.1 Análise estatística.....	40
5.5 PRESERVAÇÃO E ESTABELECIMENTO DA COLEÇÃO DAS LINHAGENS FÚNGICAS	41
5.6 IDENTIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DOS FUNGOS ENDOFÍTICOS	41
5.6.1 Características macroscópicas	41
5.6.2 Características microscópicas	42
5.7 IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DOS FUNGOS ENDOFÍTICOS	42
5.8 CADASTRAMENTO DAS AMOSTRAS FÚNGICAS NO SISGEN.....	43
5.9 DIVERSIDADE DA COMUNIDADE FÚNGICA ENDOFÍTICA ASSOCIADA A PLANTAS DE MANGUE DA ILHA DE SANTA CATARINA.....	43
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
6.1 ISOLAMENTO DE FUNGOS ENDOFÍTICOS.....	44
6.2 IDENTIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DOS FUNGOS ENDOFÍTICOS.....	51
6.2.1 Características dos gêneros isolados de manguezais da Ilha de Santa Catarina.....	54
6.2.1.1. Gênero <i>Arthrinium</i>	57
6.2.1.2 Gênero <i>Aspergillus</i>	57
6.2.1.3. Gênero <i>Buergenerula</i>	58
6.2.1.4 Gênero <i>Cladosporium</i>	58
6.2.1.5 Gênero <i>Colletotrichum</i>	58
6.2.1.6 Gênero <i>Curvularia</i>	59
6.2.1.7 Gênero <i>Epicoccum</i>	59

6.2.1.8 Gênero <i>Fusarium</i>	59
6.2.1.9 Gênero <i>Geomyces/Pseudogymnoascus</i>	60
6.2.1.10 Gênero <i>Geotrichum/ Bjerkandera</i>	60
6.2.1.11 Gênero <i>Penicillium</i>	61
6.2.1.12 Gênero <i>Phoma/Phyllosticta</i>	61
6.2.1.13 Gênero <i>Scopulariopsis</i>	62
6.2.1.14 Gênero <i>Stemphylium</i>	62
6.2.1.15 Gênero <i>Trichoderma</i>	62
6.2.1.16 Gênero <i>Venturia</i>	63
6.3 IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DOS FUNGOS ENDOFÍTICOS	63
6.3.1 Identificação molecular dos fungos endofíticos não identificados morfologicamente e suas características morfológicas	66
6.3.2 Fungos endofíticos identificados quanto as clados/ séries/ seção/ complexos	67
6.3.2.1 Gênero <i>Aspergillus</i>	67
6.3.2.2 Gênero <i>Fusarium</i>	67
6.3.2.3 Gênero <i>Cladosporium</i>	68
6.3.2.4 Gênero <i>Penicillium</i>	68
6.3.2.5 Gênero <i>Trichoderma</i>	68
6.3.3 Características morfológicas dos fungos endofíticos identificados molecularmente por seção/série/espécie/complexo	68
6.3.3.1 Gênero <i>Aspergillus</i>	68
6.3.3.2 Gênero <i>Fusarium</i>	69
6.3.3.3 Gênero <i>Cladosporium</i>	69
6.3.3.4 Gênero <i>Penicillium</i>	69
6.3.3.5 Gênero <i>Trichoderma</i>	70

6.3.4 Diversidade da comunidade fúngica endofítica: cálculo dos índices de frequência e de diversidade.	70
<i>6.3.4.1 Índice de frequência e número de isolados da comunidade fúngica de manguezal não impactado e impactado pelas ações antrópicas.</i>	<i>70</i>
<i>6.3.4.1.1 Gêneros de fungos endofíticos mais frequentes em plantas de manguezais da Ilha de Santa Catarina.....</i>	<i>71</i>
<i>6.3.4.1.2 Gêneros com frequências medianas de manguezais da Ilha de Santa Catarina.....</i>	<i>74</i>
<i>6.3.4.1.3 Gêneros menos frequentes de manguezais da Ilha de Santa Catarina.....</i>	<i>75</i>
<i>6.3.4.2 Índice de frequência e número de isolados da comunidade fúngica de A. schaueriana, L. racemosa, R. mangle e S. alterniflora isolados de manguezais da Ilha de Santa Catarina</i>	<i>77</i>
<i>6.3.4.3 Índice de frequência e número de isolados fúngicos de folha, caule e raiz a partir de plantas de manguezais catarinenses</i>	<i>80</i>
<i>6.3.4.4 Índice de frequência de isolamento de fungos endofíticos de plantas de mangue catarinense em diferentes meios de cultura!!!!</i>	<i>82</i>
<i>6.3.4.5 Índice de diversidade.....</i>	<i>84</i>
7. CONCLUSÃO.....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

1 INTRODUÇÃO

O Brasil abrange cerca da metade do território da América do Sul e possui diversas zonas climáticas – como o trópico úmido no Norte, o semi-árido no Nordeste e as áreas temperadas no Sul (COUTINHO, 2016; MMA, 2021). Estas diferenças climáticas levam a grandes variações ecológicas formando cinco biomas distintos: a floresta Amazônica, o Pantanal, o Cerrado, os campos dos Pampas e a floresta da Mata Atlântica (PEIXOTO, 2016; JUNIOR SOUZA et al., 2020).

O Brasil também possui uma extensa costa marinha (cerca de 8500 km), que inclui ecossistemas como recifes de corais, dunas, manguezais, lagoas, estuários e pântanos. Esta variedade de ambientes reflete a enorme riqueza da flora e da fauna brasileiras que abriga a maior biodiversidade do planeta (REIS-NETO et al., 2019; MMA, 2021).

O ecossistema manguezal desempenha papel fundamental na conservação da biodiversidade de plantas e microrganismos (fungos, protozoários, bactérias e algas) e fornece o habitat ideal para animais aquáticos (peixes, crustáceos e répteis) e animais terrestres (mamíferos, aves) (RAJPAR; ZAKARIA, 2014, ABDEL-AZEEM et al., 2016). Os animais aquáticos, como peixes, mariscos e camarões presentes nos mangues, fornecem uma rica fonte de proteína alimentícia à população humana por meio da pesca alternativa (SANDILYAN; KATHIRESAN, 2012).

Além da importância para a conservação da biodiversidade, os manguezais armazenam uma grande quantidade de carbono (22,8 milhões de toneladas/ano) nas camadas mais profundas do solo e de raízes. Esta grande quantidade de carbono armazenada pode auxiliar no controle das emissões de carbono atmosférico (GIRI et al., 2011) e colonizar rapidamente os sedimentos entre as marés, que pode promover o crescimento da área costeira, reduzindo o impacto da elevação do nível do mar e o processo de erosão e proteger contra as mudanças climáticas (CHOW, 2017).

A comunidade microbiana desse ecossistema é altamente produtiva e diversificada (ALONGI 1988) e têm a capacidade de transformar continuamente nutrientes da vegetação morta em fontes de nitrogênio e fósforo utilizado pelas plantas para seu desenvolvimento e que também apresenta um potencial para uso pela população humana (HOLGUIN et al., 2001).

Os fungos de manguezais que decompõem a matéria orgânica, têm atividade enzimática de pectinase, protease e amilase e possuem a capacidade de degradar compostos lignocelulósicos. Eles iniciam a decomposição do material vegetativo e permitem a colonização

secundária por bactérias e leveduras que terminam o processo de decomposição da matéria orgânica (HOLGUIN et al., 2001). Os fungos endofíticos, que vivem dentro das plantas em uma relação simbiótica, secretam compostos biologicamente ativos que protegem as plantas de ataques de patógenos e insetos fitófagos. Esses compostos denominados metabólitos secundários, incluem diferentes classes de compostos como alcalóides, benzopirranonas, flavonóides, quinonas, esteróides, terpenóides, tetralonas, xantonas, entre outros, que possuem uma variada gama de atividades farmacológicas como ação imunossupressora, antiparasitária, antimicrobiana, antitumoral e antioxidante (CHATTERJEE; ABRAHAM, 2020).

A diversidade genética de fungos endofíticos isolados de mangues têm sido pouco explorada, principalmente no estado de Santa Catarina (SC), tornando imperativa a prospecção de microrganismos de ecossistemas nos manguezais brasileiros (DIAS et al., 2017). A biodiversidade de endófitos fúngicos representa uma enorme variedade de genes que ainda são desconhecidos, os quais podem apresentar importantes aplicações biotecnológicas.

Além de pouco conhecimento sobre a diversidade de fungos, a ação antrópica tem afetado negativamente os manguezais brasileiros. Nos últimos 60 anos os processos de urbanização e poluição advinda de atividade industrial, causaram a perda de cerca de 50.000 hectares de manguezais brasileiros (FERREIRA; LACERDA, 2016). Atualmente, o Estado de Santa Catarina possui a quarta menor área de manguezais do país, aproximadamente 10,4 mil hectares (BRASIL, 2018; MMA, 2021).

Portanto, conhecer a biodiversidade de plantas e microrganismos, de ambientes de áreas de manguezais impactadas e não impactadas é de extrema importância para sua preservação e exploração sustentável de seu potencial econômico, científico e biotecnológico. Além disso, estudos dessa natureza podem fornecer dados relevantes acerca do impacto causado pela ação antrópica neste ambiente.

Neste sentido, devido à problemática da perda de áreas de mangues pela ação antrópica e a baixa exploração biotecnológica da biodiversidade de fungos endofíticos de manguezais, o presente estudo buscou isolar e identificar fungos endofíticos isolados de diferentes partes das plantas endêmicas de mangue, comparando as frequências, diversidade e espécies fúngicas de dois manguezais da Ilha de Santa Catarina, um impactado e outro preservado, para futuramente explorar o potencial biotecnológico de moléculas produzidas por esses microrganismos.

2 HIPÓTESE

A ação antrópica gera impactos na biodiversidade de fungos endofíticos associados a plantas de manguezais da Ilha de Santa Catarina.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a biodiversidade de fungos endofíticos de plantas de dois manguezais da Ilha de Santa Catarina: um impactado pela ação antrópica e outro preservado em uma Estação Ecológica.

3.2 Objetivos Específicos

- Isolar fungos endofíticos de diferentes partes das espécies de plantas (folhas, caules e raízes) *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle* e *Spartina alterniflora* do manguezal do Itacorubi (impactado) e de Ratoles (não impactado);
- Comparar a eficiência de diferentes meios de cultura no isolamento de fungos endofíticos;
- Preservar e montar a primeira coleção de linhagens de fungos endofíticos da Ilha de Santa Catarina;
- Identificar os fungos isolados por meio de características morfológicas (microscópica e macroscópica) e moleculares;
- Avaliar a frequência e diversidade de fungos endofíticos entre o manguezal impactado e não impactado.

4 REVISÃO DA LITERATURA

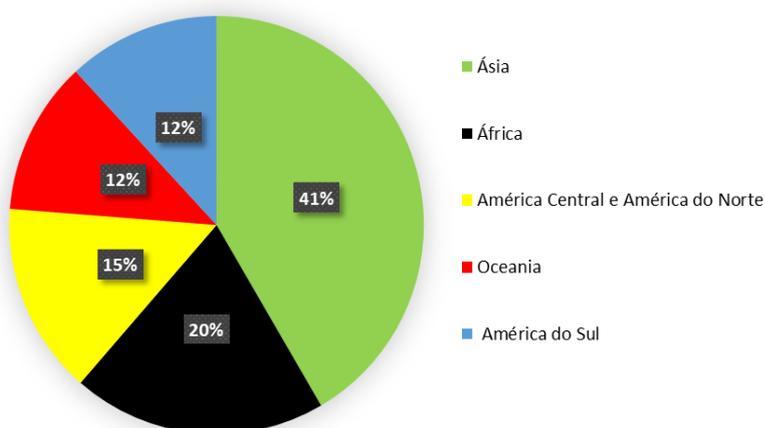
4.1 O ECOSSISTEMA MANGUEZAL

O termo manguezal se refere a um conjunto de árvores e arbustos tropicais e subtropicais, localizados entre as regiões do ambiente terrestre e marinho (ABDEL-AZEEM et al., 2016). Além da presença de plantas lenhosas, os manguezais apresentam condições físicas (alta salinidade, alta temperatura e regimes de marés) e biológicas (solo rico em nutrientes e condições de anaerobiose), o que torna o ecossistema manguezal, um ambiente com espécies vegetais únicas e diferenciadas com adaptações morfológicas, fisiológicas, biológicas e ecológicas para sobreviver nestas condições extremas (GENUÁRIO et al., 2019).

4.1.2 Distribuição de manguezais

Os manguezais ocorrem ao longo da costa tropical entre as latitudes 25°N e 25°S e subtropicais, ocupando cerca de 60 a 75% de áreas de mangues do mundo (GENUÁRIO et al., 2019). Cerca de 18 milhões de hectares (ha) de manguezais estão localizados em 118 países (GIRI et al., 2011). A maior distribuição global de florestas de mangue pode ser encontrada nos continentes Asiático (42%), Africano (20%), Norte e Centro Americano (15%), Oceania (12%) e Sul Americano (12%) (Figura 1) (BARBIRATO et al., 2021).

Figura 1. Porcentagem (%) de áreas de mangue ao longo dos continentes



Fonte: Adaptado de BARBIRATO et al. (2021).

Na América do Sul, os manguezais ocorrem onde a temperatura do oceano permanece entre 24 a 27 °C, a cerca de 25° S na costa atlântica da Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa e Brasil e cerca de 4° S na costa do Pacífico do Equador e Peru (CARDENAS, 2013; GORMAN, 2018). Cerca de 2,1 milhões de ha de mangues Sul Americanos estão localizados nestes 8 países, no qual, o Brasil, é o que possui o maior número de áreas de mangue do continente (Figura 2) (LINARES-PALOMINO; MONZON-RAMOS, 2014; ANTHONY, 2016; LÓPEZ-RODRÍGUEZ, 2021).

Figura 2. Distribuição de áreas de mangue (ha) ao longo da costa do continente da América do Sul.



Fonte: Adaptado de Linares-Palomino e Monzon-Ramos (2014); Anthony (2015); López-Rodríguez (2021).

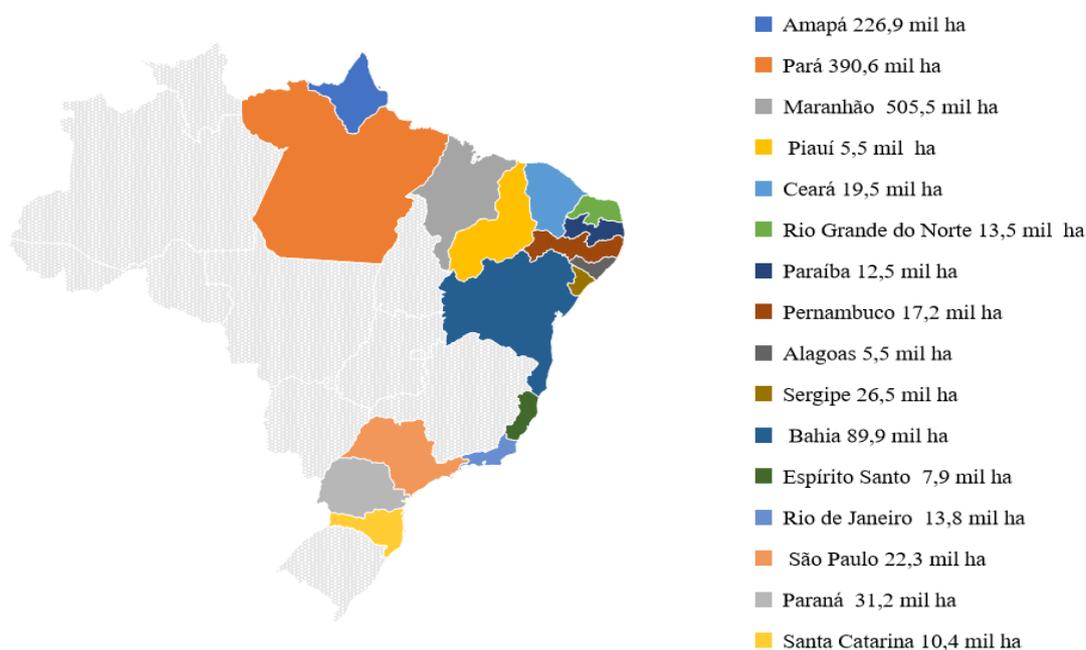
4.1.2.2 Manguezais brasileiros

A área coberta por manguezais na costa brasileira é de aproximadamente 1,4 milhões ha (Figura 2 e 3), dos quais, cerca de 497 mil ha são áreas protegidas por unidades de

conservação federal ou estadual. As áreas de manguezal brasileiras representam cerca de 7,8% da área total de mangues no contexto mundial e 66% da área total de mangues na América do Sul (REIS-NETO et al., 2019; MMA, 2021).

O Brasil possui uma extensão costeira de cerca de 8.500 km, dos quais, 6.800 km (80%) são encontrados em áreas de mangue, desde das margens do rio Oiapoque, no estado do Amapá, até a foz do rio Araranguá, no estado de Santa Catarina (Figura 2) (REIS-NETO et al., 2019).

Figura 3. Distribuição de áreas de mangue (ha) ao longo da costa brasileira



Fonte: Adaptado de ICMBio (2018).

Do total de manguezais presentes na costa brasileira, os estados que apresentam maiores áreas de mangue são Maranhão (505,5 mil ha), Pará (390,6 mil ha) e o Amapá (226,9 mil ha). O único estado litorâneo brasileiro em que não há a presença de áreas de mangue, é o Rio Grande do Sul, devido às altas latitudes e condições climáticas (ICMBio, 2018).

4.1.2.3 Manguezais da Ilha de Santa Catarina

Os manguezais catarinenses são encontrados desde do norte da costa marinha, às margens dos rios Saí-Guaçu e Saí-Mirim no município de Itapoá, até a costa sul marinha, às margens da Lagoa Imaruí em Laguna (BRASIL, 2018).

A região da Ilha de Santa Catarina, abrange a maior parte da extensão costeira do município de Florianópolis e possui cerca de 42,7 mil ha, a qual é constituída por 24,35% de vegetação de mangue (10,4 mil ha) (Figura 3) (CALEGARI, 2017; ICMBio, 2018) e representa cerca de 0,74% da área total brasileira de manguezais (ICMBio, 2018; MMA, 2021).

4.1.2.3.1 Manguezais de Florianópolis

O município de Florianópolis (SC), apresenta os maiores manguezais da Ilha de Santa Catarina (mangue do Itacorubi, do Ratonos, do Rio Tavares e do Saco Grande) e um dos menores mangues, o Manguezal da Tapera (Figura 4) (TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2009; BRASIL, 2018).

Os mangues do Itacorubi (Figura 4(3)) e Tapera (Figura 4(5)) são mangues urbanos, portanto, impactados por atividades antrópicas, o que pode ter reflexos na sua biodiversidade. Já os manguezais de Ratonos (Figura 4(1)), do Saco Grande (Figura 4(2)), e do Rio Tavares (Figura 4(4)), estão localizados na Estação Ecológica de Carijós, e na Reserva Marinha Sustentável do Pirajubaé, respectivamente, que são áreas preservadas sem permissão de práticas comerciais e construções residenciais, sendo só permitida a prática educacional para fins de pesquisa científica (ASSUNÇÃO et al., 2017).

O Manguezal do Itacorubi (Figura 4(3)), é o segundo maior manguezal urbano do Brasil e o mangue mais abrangente de Florianópolis. Este manguezal possui cerca de 2.844,6 ha e está localizado na região Centro Oeste da Ilha de Santa Catarina, nas margens dos Rios Itacorubi e Sertão e engloba os bairros Itacorubi, Santa Mônica, Trindade e Agrônômica (SOVERNIGO, 2009; FROEHNER et al., 2011; ASSUNÇÃO et al., 2017).

O Manguezal do Rio Tavares (Figura 4(4)), possui uma área de 740 ha e está localizado na região Sudeste da Ilha de Santa Catarina, nas margens do Rio Tavares (ESPINOZA; DE ROSA, 2009).

O Manguezal de Ratonos (Figura 4(1)), possui uma área de aproximadamente 730 ha e está localizado na região noroeste da Ilha de Santa Catarina, na Baía Norte, nas margens do Rio Ratonos (CATTANI et al., 2018).

O Manguezal Saco Grande (Figura 4(2)), possui uma área de aproximadamente 93 ha e está localizado na região noroeste da Ilha de Santa Catarina, nas margens dos rios Pau do Barco e Vadik, no bairro Saco Grande (CORREIA et al., 2017).

O Manguezal da Tapera (Figura 4(5)), possui uma área de aproximadamente 46 ha e está localizado na região sudoeste da Ilha de Santa Catarina, nas margens do rio Tapera (TRINDADE, 2009).

Figura 4. Mapa dos manguezais presentes em Florianópolis, na Ilha de Santa Catarina: Manguezal Ratores (1), Manguezal Saco Grande (2), Manguezal do Itacorubi (3), Manguezal Tavares (4) e Manguezal Tapera (5).



Fonte: Adaptado de Trierveiler-Pereira et al. (2009).

4.1.3 Adaptações de manguezais

Os manguezais são altamente adaptados às condições ambientais extremas decorrentes das interações interfásicas entre o ambiente terrestre e marítimo. As adaptações ao ambiente com alta concentração salina, durante a germinação, são a chave para a sobrevivência dos manguezais (WIJAYASINGHE et al., 2018).

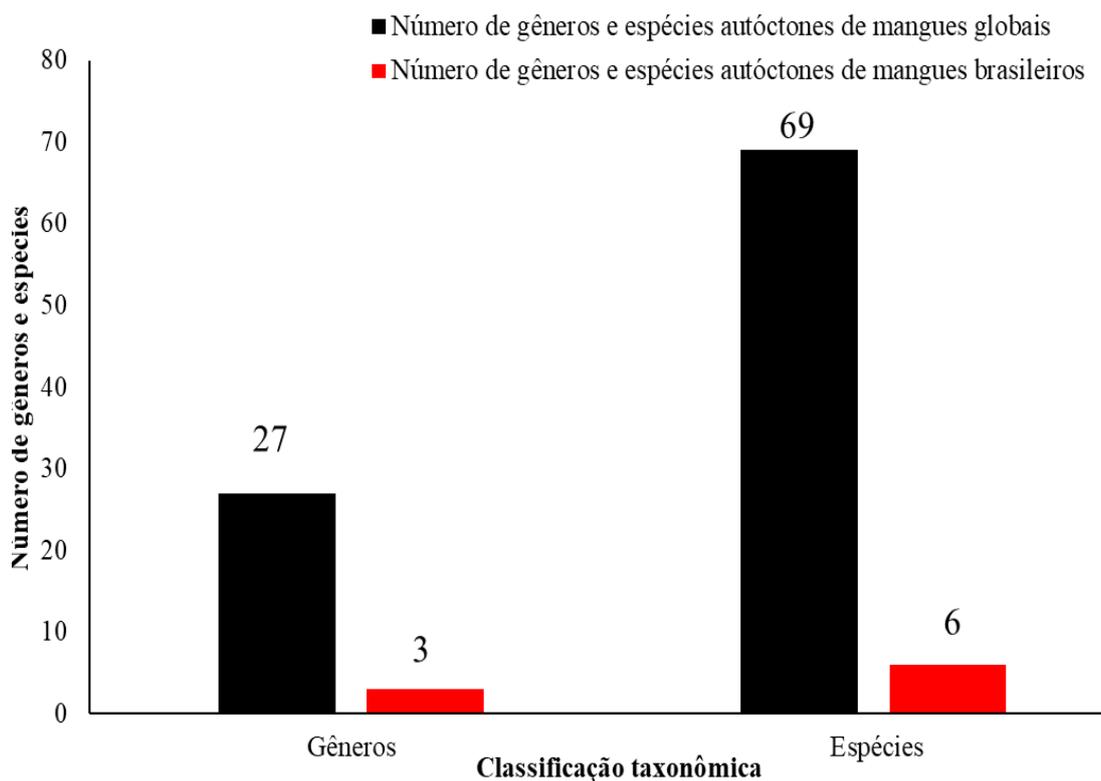
A alta concentração salina pode causar uma redução inicial do crescimento vegetal. Esta redução é causada pelo alto teor de sódio e cloro presentes no solo. No entanto, há plantas capazes de crescer normalmente mesmo em condições extremas de salinidade, comumente chamadas de plantas halófitas. Estas plantas possuem estruturas que ajudam a aumentar a pressão osmótica celular normal e manter as funções dos componentes celulares de sobrevivência (NASKAR; PALIT, 2015).

Além da alta concentração de sais, o mangue é afetado pelas marés. Plantas de mangue possuem raízes especializadas, que permitem uma maior sustentação no solo, diante das forças perturbadoras das ondas (KRAUSS et al., 2013). Além disso, a grande perturbação dos mares, pode causar uma condição prolongada de alagamento, o que causará inibição respiratória da microbiota aeróbica no solo do mangue (PALIT et al., 2022).

4.1.4 Biodiversidade de plantas de manguezais

As plantas de mangue são classificadas em espécies autóctones de mangue, que crescem apenas nesses locais e/ou espécies associadas de mangue, que crescem em ambiente terrestre e salino. Globalmente, 69 espécies distribuídas em 27 gêneros são consideradas espécies autóctones de manguezais (Figura 5) (KRISTIAN; OKTORIE, 2018).

Figura 5. Número de gêneros e espécies autóctones de plantas de mangue registradas no mundo e no Brasil.



Fonte: Adaptado de Kristian e Oktorie (2018).

Dos 27 gêneros autóctones de plantas de mangue encontrados mundialmente, 3 gêneros são encontrados no Brasil (*Avicennia*, *Laguncularia* e *Rhizophora*), que compreendem 6 espécies (*A. schaueriana*, *A. germinans*, *L. racemosa*, *R. mangle*, *R. harrisonii* e *R. racemosa*) (ICMBio, 2018; DE LIMA et al., 2022). Destas, 3 espécies são encontradas em Florianópolis (SC), *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle* (ICMBio, 2018).

Além dessas, podem ser encontradas espécies associadas ao mangue, como a gramínea *Spartina alterniflora*, o algodão de mangue *Hibiscus pernambucensis* e a samambaia de mangue *Acrostichum danaeifolium* (TRINDADE, 2009; BRASIL, 2017).

4.1.4.1 *Avicennia schaueriana*

A. schaueriana é uma espécie endêmica de manguezais da América do Sul, do oeste da Venezuela ao sul do Brasil (Tabela 2) (FLORES et al., 2021; DE LIMA et al., 2022). Pertence à família Verbenaceae, comumente chamada de mangue negro ou siriúba (BARBOSA et al., 2019; LOPES et al., 2019, com casca lisa marrom-clara, de coloração amarelada quando raspada (SILVA et al., 2010; NOBREGA et al., 2021), folhas de coloração verde oliva e esbranquiçadas na parte inferior, de formato obtuso ou arredondado e com presença de flores brancas com cinco pétalas (SILVA et al., 2010; NASCIMENTO et al., 2021). Nos manguezais da Ilha de Santa Catarina, esta espécie atinge altura entre 7 e 12 m, entretanto, nos manguezais do norte do país esta espécie pode chegar à altura de 27 m (CUNHA, 2003).

4.1.4.2 *Laguncularia racemosa*

L. racemosa é uma espécie endêmica de manguezais das costas da África ocidental, das costas do Atlântico de Bermudas ao sul do Brasil e das costas do Pacífico do México ao noroeste do Peru (ZHONG et al., 2020). Pertence à família Combretaceae (SILVA et al., 2010), comumente chamada de mangue branco, com casca de coloração marrom-acinzentada ou avermelhada, folhas de coloração verde-grisáceo (HUBER, 2004) e formato oblongo ou elíptico com pecíolo vermelho (MUÑOZ et al., 2018), atinge altura entre 12 e 18 m, (ZHONG et al., 2020) e apresenta flores pequenas, pentâmeras e de coloração branca esverdeada (FIELD et al., 2003).

4.1.4.3 *Rhizophora mangle*

R. mangle é uma espécie endêmica de manguezais das costas da África ocidental, das costas do Atlântico de Bermudas ao norte da Flórida, e das costas do Atlântico da Guiana ao norte do Brasil (DE YOUE et al., 2020). Pertence à família Rhizophoraceae e comumente chamada de mangue vermelho (FRANCISCO et al., 2018), com casca lisa e coloração acinzentada, de coloração avermelhada quando raspada (SILVA et al., 2010), folhas de verde-brilhante/escuro na face superior e verde-amareladas na face inferior e formato peciolado/elíptico, com presença de flores amarelas (HUBER, 2004; DE YOUE et al., 2020) e atinge altura entre 6,8 e 16,1 m (SOARES, 1999).

4.1.4.4 *Spartina alterniflora*

S. alterniflora é uma gramínea endêmica das costas do Atlântico do Canadá à Argentina (MENG et al., 2020). Pertence à família Poaceae (CHAI et al., 2014), comumente chamada de capim liso (XIA et al., 2021), com caules rígidos e eretos (MENG et al., 2020), folhas verdes, longas e duras, com presença de flores amarelas e atinge altura de aproximadamente 2,0 m (MENG et al., 2020).

4.1.4.5 *Hibiscus pernambucensis*

H. pernambucensis é uma espécie de arbusto endêmico das costas das Bermudas, sul da Flórida, Bahamas, Grandes e Pequenas Antilhas, e do México às costas do Atlântico e do Pacífico da América do Sul (COGNI et al., 2003). Pertence à família Malvaceae, comumente chamada de algodão do mangue, com folhas em forma de coração e flores amarelas, atinge altura entre 1,5 e 3 m (TRINDADE, 2009).

4.1.4.6 *Acrostichum danaeifolium*

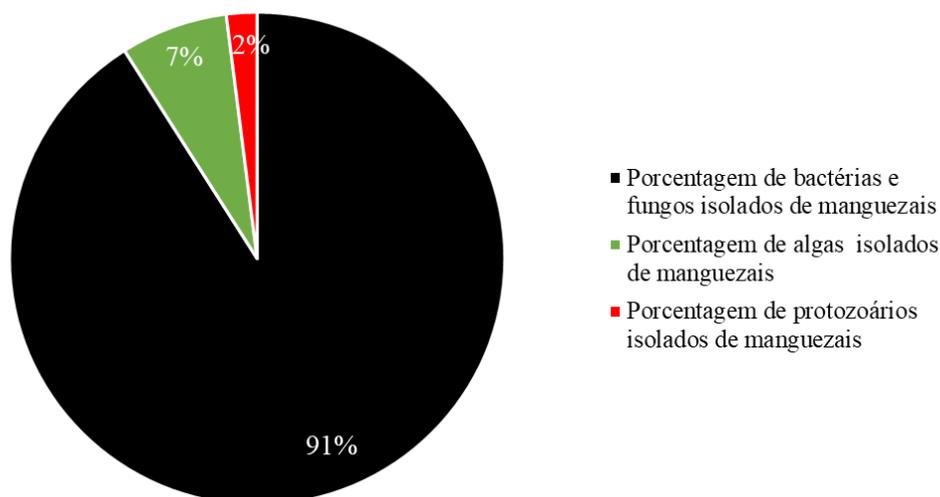
A. danaeifolium é uma herbácea endêmica da região do Atlântico Leste Pacífico (KIMURA et al., 2017). Pertence à família Pteridaceae, comumente chamada de samambaia do mangue (TRINDADE, 2009), caules eretos e ramificados, folhas ascendentes ou eretas e atinge altura entre 1,5 e 5 m (MATOS et al., 2020).

4.1.5 Biodiversidade microbiana de manguezais

Estima-se que existam 2 milhões de espécies de microrganismos, contudo, apenas cerca de 5% das espécies microbianas existentes foram descritas (100 mil espécies) (PALIT et al., 2022). O ambiente marinho é o maior dentre os ambientes da biosfera, cobrindo cerca de 70% da superfície da Terra (FLEMMING; WUERTZ, 2019) e é propício para o crescimento de microrganismos, tais como, fungos, bactérias, cianobactérias, microalgas e protozoários (THATOI et al., 2013).

No ecossistema manguezal tropical, as bactérias e fungos representam cerca de 91% da biomassa microbiana total daquele ambiente, enquanto os protozoários e algas representam cerca de 2% e 7%, respectivamente (Figura 6) (THATOI et al., 2013; LI et al., 2022).

Figura 6. Porcentagem de fungos, bactérias, algas e protozoários presentes em manguezais tropicais.



Fonte: Adaptado de Thatoi et al. (2013); Li et al. (2022).

Os primeiros registros de fungos em mangue foram relatados por Cribb em 1955 *apud* (MAZLAN et al., 2020). Estima-se que cerca de 625 espécies fúngicas são provenientes de manguezais, o que representa apenas cerca de 0,625% das espécies de fungos descritas no mundo (PALIT et al., 2022).

Portanto, os fungos de mangue são poucos explorados, mas, apresentam potencial para aplicação biotecnológica como por exemplo a biorremediação de áreas impactadas por

atividades antrópicas contendo metais tóxicos, como cromo, chumbo e cádmio. O processo de remoção dessas substâncias pode ser feito por bioissorção com fungos como *Aspergillus* sp e *Alternaria alternata* provenientes de manguezal (CHAKRABORTY et al. 2018; DAS et al. 2019).

Os fungos *Alternaria alternata*, *Aspergillus terreus*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Eupenicillium hirayamae* e *Paecilomyces variotii*, isolados de sedimentos de grandes manguezais na costa do Mar Vermelho da Arábia Saudita, foram capazes de crescer em óleo de petróleo como única fonte de carbono em condições *in vitro*, acumular uma concentração de biomassa significativamente alta, produzir enzimas extracelulares e liberar um grande volume de CO₂, mostrando o potencial desses fungos para aplicação em derrames de petróleo (AMEEN et al., 2016).

Outro potencial uso biotecnológico de fungos de mangue é a produção de exopolissacarídeos, como o pululano, usado na fabricação de filmes comestíveis para purificadores de hálito ou vários produtos de higiene bucal. Foi observado que a cepa do fungo *Aureobasidium melanogenum* (P16), isolada de mangue na China, produziu pululano de forma mais eficaz que as cepas isoladas anteriormente de terrenos secos (JIA et al., 2020).

Os fungos isolados no mangue (*A. pullulans* var. *melanogenum* P5), também têm sido estudados com potencial para a produção de biodiesel (LIU, et al. 2014), e outros fungos (*Hypoxylon oceanicum*, *Julella avicenniae*, *Lignincola laevis*, *Savoryella lignicola* e *Trematosphaeria mangrovei*), para produção de enzimas lignocelulósicas (JIA et al., 2020).

Os fungos associados ao mangue podem fornecer uma ampla variedade de metabólitos secundários bioativos, com estrutura única, incluindo alcalóides, benzopiranos, quinonas, flavonóides, ácidos fenólicos, quinonas, esteróides, terpenóides, tetralonas, xantonas entre outros, com diferentes atividades farmacológicas (IMHOFF, 2016).

4.1.5.1 *Microrganismos epifíticos, endófitos, simbiontes*

A biodiversidade microbiana de manguezais transforma a matéria morta em fonte de nutrientes, geralmente nitrogênio e fósforo, que podem ser consumidos pelas plantas. A comunidade microbiana pode se estabelecer dentro de um bioma/ecossistema, devido a esta interação entre outros microrganismos e plantas (CHEN et al., 2016).

Os microrganismos associados aos vegetais podem ser chamados de microrganismos epifíticos, endófitos e simbiontes (BACON; JUNIOR, 2015; KUMAR et al., 2017). Os

microrganismos endofíticos colonizam o interior das partes das plantas vegetais sem causar dano aparente aos seus hospedeiros, durante parte, ou todo o seu ciclo de vida, e podem possuir uma relação neutra ou benéfica a seu hospedeiro (CHAPLA et al., 2013). Já os microrganismos epifíticos são organismos que crescem na superfície das partes das plantas vegetais e podem possuir uma relação benéfica à planta, junto com os endófitos. Os microrganismos simbiotes, geralmente são fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio que também possuem uma relação benéfica para a planta e para outros microrganismos (BACON; JUNIOR, 2015; KUMAR et al., 2017). As interações benéficas auxiliam na sobrevivência tanto do hospedeiro vegetal, como dos microrganismos proporcionando melhora no seu crescimento, resistência a doenças e tolerância aos estresses abióticos (KUMAR et al., 2017).

4.1.6 Fungos endofíticos de mangue

Os fungos endofíticos de mangue são espécies que colonizam as partes das plantas e precisam ter a capacidade de tolerar as diversas adaptações deste ambiente (salinidade, temperatura, mudanças no nível do mar, ambientes impactados por ação antrópica). Como a maioria desses fungos de mangue são isolados de diferentes hospedeiros, um determinado endófito pode ser encontrado em diferentes espécies de plantas.

4.1.6.1 Diversidade de fungos endofíticos isolados de manguezais

A diversidade de fungos endofíticos de plantas de mangue foi e tem sido estudada a partir de diversas partes das plantas (ramos, folhas, caules e raízes) (Anexo A) (CADAMURO et al., 2021). Os fungos endofíticos mais comumente isolados pertencem a classe dos Ascomicetos, dos quais, os gêneros mais isolados de manguezais entre 2010 e 2020 foram: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Campylocarpon*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Dothiorella*, *Emericella*, *Eupenicillium*, *Guignardia*, *Glomerella*, *Lasiodiplodia*, *Leptosphaerulina*, *Nodulisporium*, *Nigrospora*, *Penicillium*, *Pestalotiopsis*, *Phoma*, *Phomopsis*, *Phyllosticta*, *Pleosporales*, *Talaromyces*, *Trichoderma* e *Xylaria* (Anexo A). A maior ocorrência de endófitos ascomicetos de plantas de mangue têm sido relatada em países asiáticos (Índia, Indonésia, Bangladesh, Malásia, Sri Lanka, Vietnã e Tailândia), africanos (Gana e Nigéria) e da América do sul (Brasil e Panamá).

Os endófitos fúngicos da classe dos basidiomicetos e zigomicetos são encontrados com menos frequência. Há relato do isolamento de um fungo endófito zigomiceto do gênero

Rhizopus em plantas de mangue na Nigéria (AKINDUYITE; ARIOLE, 2018) e dois basidiomicetos, *Schizophyllum commune* e *Phellinus noxius* em plantas de mangue indiano e chinês, respectivamente (Anexo A).

No Brasil, há relatos de fungos endofíticos isolados de plantas de mangue na Ilha de Itamaracá em Pernambuco (COSTA et al, 2012), do estado de São Paulo (Cananéia e Bertioga) (SEBASTIANES et al. 2013), do Ceará (MAIA, 2019) e da Bahia, no município de Canavieiras (PINTO, 2019). Pelo menos 47 gêneros de fungos endofíticos do Filo Ascomycota já foram isolados de plantas de manguezais brasileiros: *Alternaria*, *Arthothelium*, *Aspergillus*, *Botryosphaeria*, *Chrysosporthe*, *Colletotrichum*, *Coniothyrium*, *Curvularia*, *Cylindrocladium*, *Cytospora*, *Diaporthe*, *Endothia*, *Epicoccum*, *Eutypa*, *Fusarium*, *Gelasinospora*, *Gibberella*, *Glomerella*, *Guignardia*, *Hyphopichia*, *Hypocrea*, *Lasiodiplodia*, *Leptosphaeria*, *Massarina*, *Neofusicoccum*, *Neosartorya*, *Neurospora*, *Nigrospora*, *Nodulisporium*, *Penicillium*, *Periconia*, *Pestalotiopsis*, *Phaeoramularia*, *Phaeoseptoria*, *Phomopsis*, *Phoma*, *Pichia*, *Pseudallescheria*, *Phyllosticta*, *Podospora*, *Scolecobasidium*, *Sphaerulina*, *Tetrapisispora*, *Trichoderma*, *Valsa*, *Xylaria* e *Zygosaccharomyces* e 5 gêneros do Filo Basidiomycota *Coprinellus*, *Cryptococcus*, *Heterobasidion*, *Lactarius* e *Phanerochaete* (Anexo A).

4.1.7 Potencial econômico, científico e biotecnológico de fungos endofíticos em geral e de mangue

Os microrganismos constituem uma importante fonte de produtos naturais com propriedades bioativas de interesse humano. No caso dos fungos endofíticos, as interações endófito-planta-hospedeiro acarretam reações contra os mecanismos de defesa do hospedeiro pelo endófito e isso pode atuar como pressão de seleção para o desenvolvimento de novas vias metabólicas (SURYANARAYANAN, et al. 2009).

Como resultado, os fungos endofíticos produzem uma variedade de metabólitos de grupos estruturais variados, como terpenóides, esteróides, xantonas, quinonas, fenóis, isocumarinas, entre outros (SCHULZ et al., 2002; XU et al., 2021). Os metabólitos de fungos endofíticos incluem atividades antibacterianas, antivirais, antifúngicas e antitumoral (SPECIAN, et al. 2014). Rosa et al (2006) demonstraram que fungos isolados de plantas de mangue brasileiros são capazes de produzir metabólitos secundários bioativos contra o *Trypanosoma cruzi* e células tumorais humanas.

O fungo do gênero *Trichoderma* é conhecido desde 1920 por ser um agente de biocontrole de fitopatógenos e agente de crescimento e sobrevivência de plantas cultivadas (ADNAN et al., 2019). Além disso, este fungo aumenta a capacidade natural de degradação de alguns compostos tóxicos presentes em plantas no solo e na água e possui alta capacidade reprodutiva, colonizando rapidamente seus hospedeiros mesmo em condições adversas (WAGHUNDE et al., 2016).

A identificação de fungos endofíticos e de seus metabólitos pode ser uma fonte promissora de substâncias usadas para o desenvolvimento de novas drogas. Atualmente, esses metabólitos são usados na produção de fármacos, como é o caso do Huperzine A, produzido pelo fungo *Shiraia* sp. Slf14 (ZHU et al. 2010). Huperzina A é um alcalóide Lycopodium, isolado pela primeira vez da planta inteira de *Huperzia serrata* na década de 1980 (LIU et al. 1986). Ele tem função de inibição da colinesterase e é usado no tratamento da doença de Alzheimer.

Metabólitos como o taxol® (paclitaxel), isolado do fungo endofítico *Taxomyces andreanae* tem sido usado há várias décadas, no tratamento antitumoral (KUSARI et al. 2014). Podofilotoxina e camptotecina (antitumorais) (KOUR et al., 2008; KUSARI et al. 2009), resveratrol (antioxidante) (WANG et al. 2014) isolados de fungos endofíticos já são comercializados como fármacos. Torres-Mendoza et al. (2020) mostram que houve uma considerável evolução das patentes de metabólitos de fungos endofíticos na última década lideradas pela aplicação de metabólitos como antitumorais, inseticidas e antibacterianos.

Os microrganismos marinhos também apresentam um alto potencial econômico, científico e biotecnológico representando uma fonte de compostos bioativos de importância para aplicação na biorremediação e conservação de nutrientes neste ecossistema (DAS et al., 2006; KRISTENSEN et al., 2008). Apesar de pouco conhecidos, os fungos endofíticos de mangue apresentam potencial biotecnológico (DIAS et al., 2017). A fermentação do fungo *Phomopsis* sp. (HKI0458) isolado em *Hibiscus tiliaceus* (L.), na China, resultou na caracterização de quatro novos triterpenos com potencial de ação para tratar febres, para aliviar a tosse, disenteria e infecções de ouvido, ações pelas quais a planta já era conhecida (LI et al., 2008).

O metabólito antimicrobiano Citosporona B, produzido por *Dothiorella* sp, isolado da planta de mangue *Avicennia marina* na China, apresentou atividade antifúngica e atividade contra o carcinoma bucal epidérmico humano (XU et al. 2005). O extrato do fungo endofítico

de mangue (*Fusarium proliferatum*) do Mar da China Meridional inibe o crescimento de leveduras, bolores e produz antibióticos como a griseofulvina e antracenedionas (CHENG et al. 2008; CHENG et al. 2009).

O fungo endofítico do gênero *Rhizopus* é utilizado em processos de fermentação de alimentos tradicionais, produção de enzimas e como degradante de poluentes orgânicos (LUO et al., 2010). Já o fungo endofítico *S. commune* usado na produção de pigmentos também revelou atividade antiviral e anti-tumoral (BIASETTO et al., 2019).

5 METODOLOGIA

5.1 ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado em dois manguezais ao longo da costa de Florianópolis, localizados na Ilha de Santa Catarina: o mangue do Itacorubi (27 ° 34'14" S, 48 ° 30'07" W) e o mangue de Ratoles (27 ° 44'50" S, 48°55'48" W). As coletas foram realizadas entre janeiro de 2020 a maio de 2021. O mangue do Itacorubi localizado entre os bairros do Itacorubi, Santa Mônica e Trindade é caracterizado como um mangue desenvolvido onde predominam as espécies *A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle* e *S. Alterniflora* (SOVERNIGO, 2009). A região é densamente urbanizada e o mangue é impactado por atividade antrópica como despejo de esgoto doméstico e resíduos sólidos (SOVERNIGO, 2009). O mangue de Ratoles apresenta as mesmas espécies vegetais e está localizado na Reserva Ecológica de Carijós, uma área preservada livre de ação antrópica (CAMARGO et al., 2001).

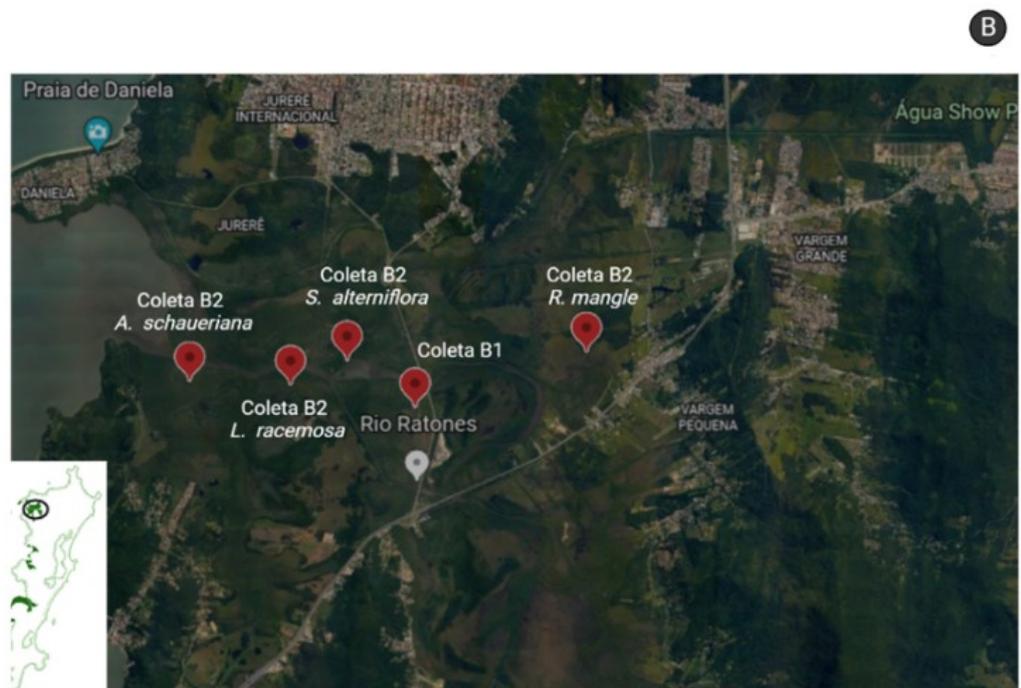
O clima da região na classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical úmido sem estação seca característica, com redução do volume de chuva nos meses de abril a setembro. Temperatura média anual de aproximadamente 21°C, precipitação média anual superior a 1500 mm e maré é caracterizada por ventos fortes do sul ao norte (PANDOLFO, 2002).

5.2 COLETA E IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL VEGETAL

Foram realizadas três coletas no mangue do Itacorubi (I), coleta A1, A2 e A3, em dois pontos (Figura 8A) e duas coletas no mangue de Ratoles (R), coleta B1 e B2, em cinco pontos (Figura 8B), durante janeiro de 2020 a maio de 2021.

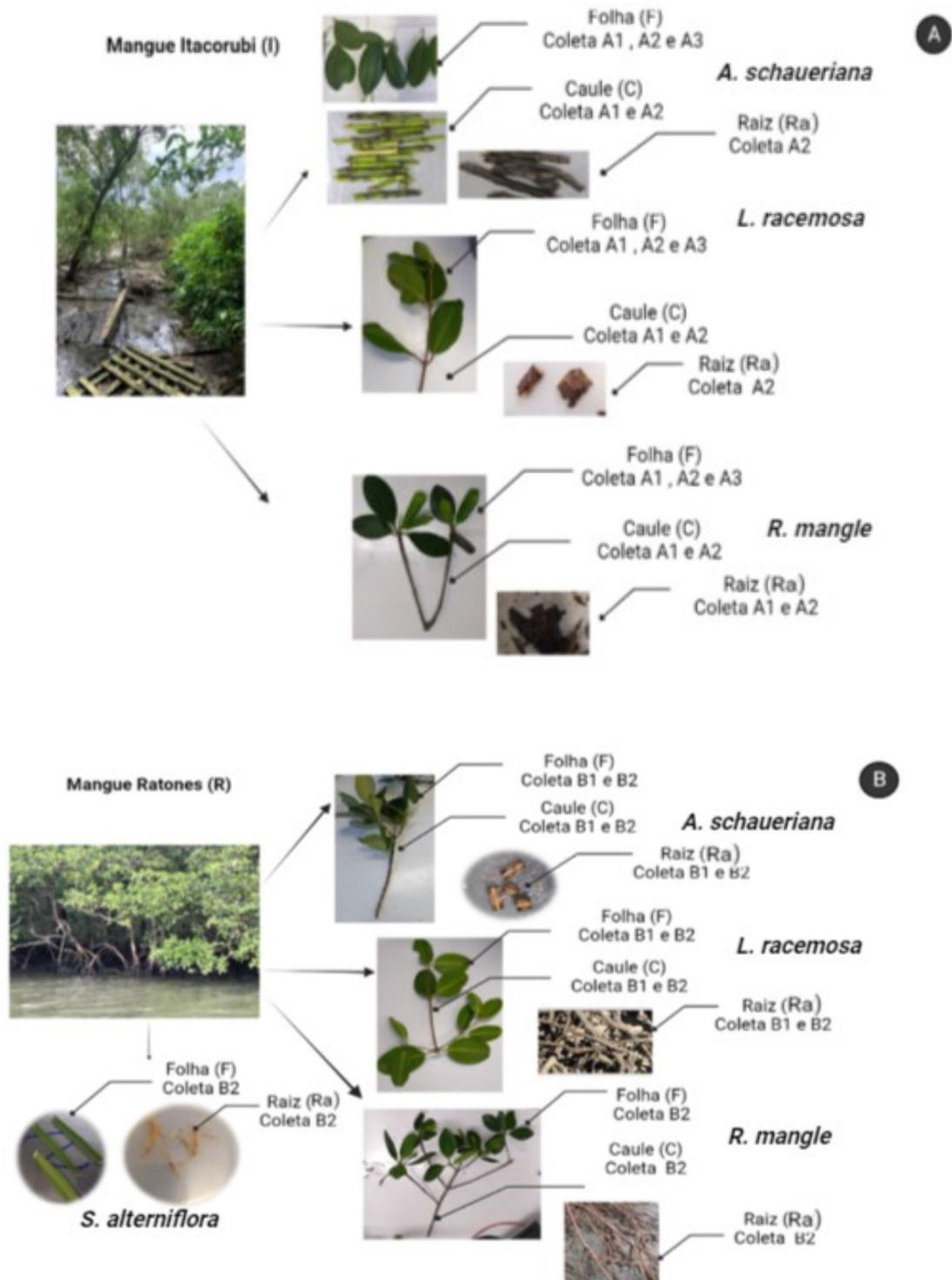
O material biológico de quatro espécies de plantas (*A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle* e *S. alterniflora*), coletado com auxílio de um podão foi acondicionado em sacos de polietileno, identificado e transportado ao Laboratório de Microrganismos e Processos Biotecnológicos (Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia-MIP) da UFSC. As amostras foram divididas em folhas (F), caules (C) e raízes (Ra), aparentemente saudáveis e frescas e processadas segundo o protocolo de procedimentos para o isolamento de fungos endofíticos. Todas as coletas do material biológico foram autorizadas pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO sob o número 73719-2. A confirmação da identificação das plantas foi realizada pelo professor Paulo Horta do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). As espécies e partes das plantas coletadas por cada coleta e mangue estão representados na Figura 8.

Figura 7. Mapa de estudo e coleta do material vegetal nos mangues:
A) Itacorubi e B) Ratores.



Fonte: Autora (2022)

Figura 8. Detalhes da coleta do material vegetal nos mangues: A) Itacorubi e B) Ratones.



Fonte: Autora (2022).

5.3 PREPARO DOS MEIOS DE CULTURA PARA O ISOLAMENTO DE FUNGOS ENDOFÍTICOS

Para o isolamento, a avaliação da diversidade, a caracterização e o estabelecimento da coleção de fungos endofíticos de *A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle* e *S. alterniflora*, foram utilizados quatro meios de culturas denominados Meio 1, 2, 3 e 4.

A composição dos meios de cultura para isolamento dos fungos endofíticos deste estudo, de acordo com as metodologias de Byrne et al. (1975), Ananda and Sridhar (2002), Sebastianes et al. (2013) e Handayani et al. (2017), estão representados na Tabela 1, bem como, quais coletas e o material vegetal foi utilizado em cada meio para isolamento fúngico.

Tabela 1. Composição dos meios de cultura utilizados para isolamento fúngico.

Meio de cultura	Composição	Quantidades	Coleta
Meio 1	Batata Dextrose Ágar (BDA Kasvi K25-1022); Água destilada	39g de BDA; 1000 mL de Água destilada	A1, A2, B1 E B2
Meio 2	Batata Dextrose Ágar (BDA); 70% de água do mar; 30% de água destilada	39g de BDA); 700 mL de Água do mar; 300mL (água destilada)	A1, A2, B1 E B2
Meio 3	Ágar Sabouraud (Kasvi K25-1024); Água destilada	65g de Ágar Sabouraud ou 20 g de Glicose + 10 g de Peptona + Ágar; 1000mL (água destilada)	A3 e B2
Meio 4	Ágar Sabouraud (Kasvi K25-1024); 70% de água do mar; 30% de água destilada	65g de Ágar Sabouraud ou 20 g de Glicose + 10 g de Peptona + Ágar; 700 mL de Água do mar; 300mL de água destilada	A3 e B2

Fonte: Autora (2022).

Os meios de cultura preparados em frascos de Erlenmeyer foram esterilizados por meio de autoclavação (121°C / 20 minutos), e em seguida, na câmara de fluxo laminar, os meios foram resfriados para uma temperatura de 50°C e adicionado uma solução de antibióticos Estreptomicina (50 µg ml⁻¹) e Tianfenicol (50 µg ml⁻¹), para a inibição de crescimento bacteriano. A seguir, 20 mL do meio foram vertidos em placas de Petri de 90 mm esterilizadas

e em seguida esperou-se a solidificação do meio. As placas foram então vedadas com filme plástico e armazenadas a temperatura ambiente (25°C) durante 3 dias para teste de esterilidade

5.4 ISOLAMENTO DE FUNGOS ENDOFÍTICOS

Para o isolamento de fungos endofíticos as folhas, caules e raízes foi submetido a uma etapa de lavagem em água corrente do material vegetal, para retirada de sujidades. Posteriormente, na câmara de fluxo laminar, foi realizada a etapa de desinfecção superficial (eliminação de microrganismos epifíticos), por uma sequência de imersões em soluções na seguinte ordem e tempo: etanol a 70% (1 min), hipoclorito de sódio a 2,5% (v/v) (4 min), etanol a 70% (30 s) e enxaguados duas vezes por 1 min em água destilada estéril (Figura 9) (SEBASTIANES et al., 2013). Após a desinfecção, as folhas, caules e raízes foram cortados em pequenos fragmentos de 5mm², com auxílio de um *punch* de 5 mm de diâmetro esterilizado ou bisturi. Cinco fragmentos de cada parte da planta foram escolhidos aleatoriamente e semeados em placas de Petri contendo os meios de cultura (1, 2, 3 e 4) (Figura 9). Para avaliar a eficiência do processo de desinfecção, uma alíquota de 100 ml da água destilada estéril da última lavagem foi semeada nos meios de cultura. Para cada espécie, meio de cultura e parte da planta foram realizadas cinco repetições. As placas de Petri com os fragmentos vegetais inoculados foram incubadas a 25°C por cerca de 7 a 30 dias e acompanhadas diariamente para avaliação do crescimento de endófitos fúngicos. Após o crescimento fúngico, as colônias fúngicas isoladas foram contadas e transferidas para os meios de cultura utilizados para isolamento. Este processo foi repetido várias vezes até que a colônia fúngica endofítica estivesse totalmente pura (processo de axenização) (Figura 9) (IBRAHIM et al., 2021).

Portanto, foi considerado apenas como diferença significativa, os dados que tiveram $P < 0,01$. A análise de variância foi realizada com o auxílio do programa R versão 4.2.1.

5.5 PRESERVAÇÃO E ESTABELECIMENTO DA COLEÇÃO DAS LINHAGENS FÚNGICAS

Para a preservação e estabelecimento da primeira coleção de endófitos fúngicos isolados de plantas de manguezais da Ilha de Santa Catarina, os fungos axenizados foram mantidos em armazenamento de curto prazo, rotineiramente, em tubos com meio BDA inclinado, imersão em óleo mineral, e armazenados ao longo prazo, pelo método de criopreservação em Ultrafreezer (-80°C) e em nitrogênio líquido (AGUIAR et al., 2012; SILVA, 2011; RABELLO, 2018).

Cerca de 1cm^2 de micélio fúngico axenizado (10 a 21 dias de cultivo, com esporulação) foi repicado em tubos de ensaios contendo meio BDA inclinado, armazenados a 4°C e posteriormente transferidos para tubos eppendorf de 1,5 mL, contendo 1mL de óleo mineral estéril e armazenados à temperatura ambiente ou geladeira. Para criopreservação, amostras dos fungos foram transferidas para criotubos de 2mL contendo solução criopreservante (1 parte glicerol 87% e 2 partes de peptona bacteriológica 1% esterilizada) e armazenados em Ultrafreezer (-80°C) e em nitrogênio líquido. A coleção será mantida no Laboratório de Microrganismos e Processos Biotecnológicos/ Laboratório de Microbiologia do Solo (Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia-MIP) da Universidade Federal de Santa Catarina sob coordenação do Professor Diogo Robl e posteriormente incorporada ao biobanco de microrganismos do MIP/UFSC.

5.6 IDENTIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DOS FUNGOS ENDOFÍTICOS

A identificação morfológica dos fungos isolados foi realizada por meio da observação das características macroscópicas e microscópicas, conforme descrito por Singh e colaboradores (1991) e Samson e colaboradores (1996; 2010).

5.6.1 Características macroscópicas

As colônias fúngicas axenizadas cultivadas nos meios de isolamento foram caracterizadas avaliando-se as características macroscópicas das colônias que incluem forma

de micélio, a cor e textura da superfície (verso) e do lado reverso da colônia, bem como a taxa de crescimento.

5.6.2 Características microscópicas

Para avaliação das características micromorfológicas foi utilizado a técnica de microcultivo (RIDDELL, 1950; SU et al., 2012). Para tanto, dois fragmentos de 1,5x1,5 cm de meio BDA foram preparados e transferidos para lâminas de microscopia esterilizadas, armazenadas em placas de Petri contendo um disco de papel filtro de 90 mm no fundo e um suporte de 3 mm para receber a lâmina. Em seguida, os quatro quadrantes do bloco de ágar foram inoculados com o micélio fúngico e coberto com uma lamínula 24x24mm estéril. Em seguida 1 mL de água destilada estéril foi adicionada ao papel filtro, a placa fechada e lacrada com fita parafilme e incubada a 25°C por 7 a 14 dias para o crescimento fúngico. Após, cada lamínula foi removida no período de crescimento (7 e 14 dias), fixada com lactofenol e corada com azul de algodão (fungos hialinos) ou sem coloração (fungos demáceos) e observadas em microscópio óptico em 400X para análise das características micromorfológicas de hifas, conídios ou leveduras (SINGH et al., 1991; SAMSON et al., 1996; 2010; GUO et al., 2000; CHAEPRASERT et al., 2010).

5.7 IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DOS FUNGOS ENDOFÍTICOS

Para identificação molecular, duas alçadas da cultura fúngica foram transferidas para microtubos contendo uma solução tampão (Neosample X) fornecido pela empresa Neopropecta Microbiome Technologies, Brasil, contendo um código único de identificação com os dados das amostras fúngicas. Os microtubos foram acondicionados na embalagem apropriada fornecida pela empresa foram enviados no máximo um dia após a preparação das amostras.

Os procedimentos de extração e sequenciamento de DNA dos fungos endofíticos foram realizados pela empresa Neopropecta. Foi realizado o sequenciamento de alto desempenho da região ITS1, que foi amplificada com iniciadores ITS1 (GAACCGCGGARGGATCA) (SCHMIDT et al., 2013) e ITS2 (GCTGCGTTCTTCATCGATGC) (WHITE et al., 1989), utilizando o equipamento MiSeq Sequencing System (Illumina Inc., USA). As sequências foram analisadas (qualidade Phred/Phrap (QP)) e obtidas por meio do pipeline Sentinel usando o programa FastQC v.0.11.8.

As identificações taxonômicas foram realizadas com blastn v.2.6.0+ usando como referência um banco de dados proprietário ou público da Neoprosecta. As sequências da região ITS1 obtidas, foram comparadas com as sequências da região ITS1 depositadas no banco de dados GenBank Nucleotide Collection.

5.8 CADASTRAMENTO DAS AMOSTRAS FÚNGICAS NO SISGEN

Os fungos endofíticos isolados foram devidamente cadastrados (Cadastro nº A51C60C, AD1FC66 e A724AAA) do Ministério do Meio Ambiente no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen), conforme Lei Nº 13.123/2015.

5.9 DIVERSIDADE DA COMUNIDADE FÚNGICA ENDOFÍTICA ASSOCIADA A PLANTAS DE MANGUE DA ILHA DE SANTA CATARINA

A diversidade da comunidade fúngica endofítica associada às plantas de mangue foi avaliada utilizando os índices de frequência e de diversidade. Foram calculadas a frequência total e parcial de cada gênero fúngico por cada local de isolamento (mangue impactado x mangue não impactado), por cada espécie hospedeira (*A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle* e *S. alterniflora*), por cada parte da planta (folha, caule e raiz) e por cada meio de cultura (1, 2, 3 e 4). Para isso, foi utilizada a seguinte fórmula: FrT ou Fr= $(N_i/N) * 100$, onde N_i = número de isolados do gênero A, N= soma de todos os gêneros isolados.

Para avaliar a diversidade de gêneros fúngicos endofíticos dos diferentes locais de isolamento, espécie hospedeira, parte da planta e meio de cultura foram utilizados o índice de Shannon (H), pela fórmula: $-\sum \left(\frac{N_i}{N}\right) \ln \left(\frac{N_i}{N}\right)$, no programa PAST.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ISOLAMENTO DE FUNGOS ENDOFÍTICOS

Foram obtidos 373 isolados a partir de fragmentos dos materiais vegetais coletados de dois manguezais, dos quais, 96 e 277 isolados foram obtidos do mangue do Itacorubi (impactado) e de Ratoles (não impactado), respectivamente. As placas de Petri contendo o inóculo da última água de lavagem, após a etapa de desinfecção das partes das plantas vegetais (controle negativo), não apresentaram nenhum crescimento de microrganismos, comprovando que os isolados obtidos são realmente endofíticos.

Os resultados da análise de variância para os fatores de variação parte da planta (folha, caule e raiz), local de isolamento (Itacorubi/local impactado e Ratoles/local não impactado), espécie (*A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle*, e *S. alterniflora*) e meio de cultura (1, 2, 3 e 4) realizada a partir dos dados de frequência fúngica endofítica (Ffe), estão listados na Tabela 2.

Tabela 2. Análise de variância para os fatores parte da planta (folha, caule e raiz), local de isolamento (Itacorubi local impactado, Ratoles/local não impactado), e espécie (*A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle*, e *S. alterniflora*).

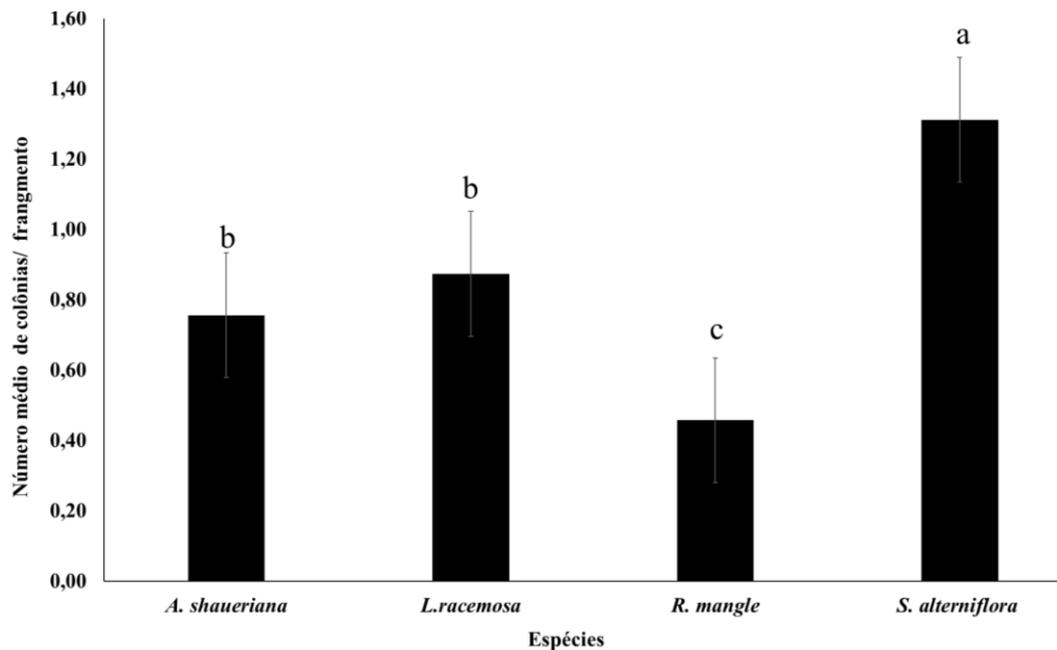
FATOR DE VARIAÇÃO (FV)	GL	F	P-valor
Espécie	3	7,545	0,0002***
Parte da planta	2	0,0378	0,963 ^{ns}
Meio de cultura	3	5,4932	0,0017**
Local de isolamento	1	7,8982	0,0061**
Interação espécie x parte da planta	10	2,2875	0,0201 *
Interação espécie x local de isolamento	6	4,057	0,00124 **
Interação parte da planta x local de isolamento	2	3,325	0,04*
Interação espécie x parte da planta x local de isolamento	4	1,449	0,226 ^{ns}

Fonte: Autora (2022)

Os resultados mostraram que os fatores de variação (espécie e local de isolamento) apresentaram efeitos significativos ($P < 0,01$ e $< 0,05$), sobre a quantidade de fungos endofíticos das plantas dos dois manguezais da Ilha de Santa Catarina. As espécies das plantas de mangue coletadas neste trabalho influenciaram significativamente ($P = 0,0002$) a frequência de fungos endofíticos (Tabela 2), em que, a frequência fúngica de *A. schaueriana* não apresentou diferença significativa contra a frequência fúngica de *L. racemosa*, porém apresentaram diferenças significativas contra *R. mangle* e *S. alterniflora* (Figura 10). Em termos de quantidade de isolados, a *L. racemosa* apresentou o maior número de isolados por espécie (140),

seguido de *A. schaueriana* (135), *S. alterniflora* (58) e *R. mangle* (40). SEBASTIANES et al. (2013) estudou a comunidade fúngica de manguezais brasileiros, do estado de São Paulo e também relatou um maior número de isolados endofíticos de *L. racemosa*.

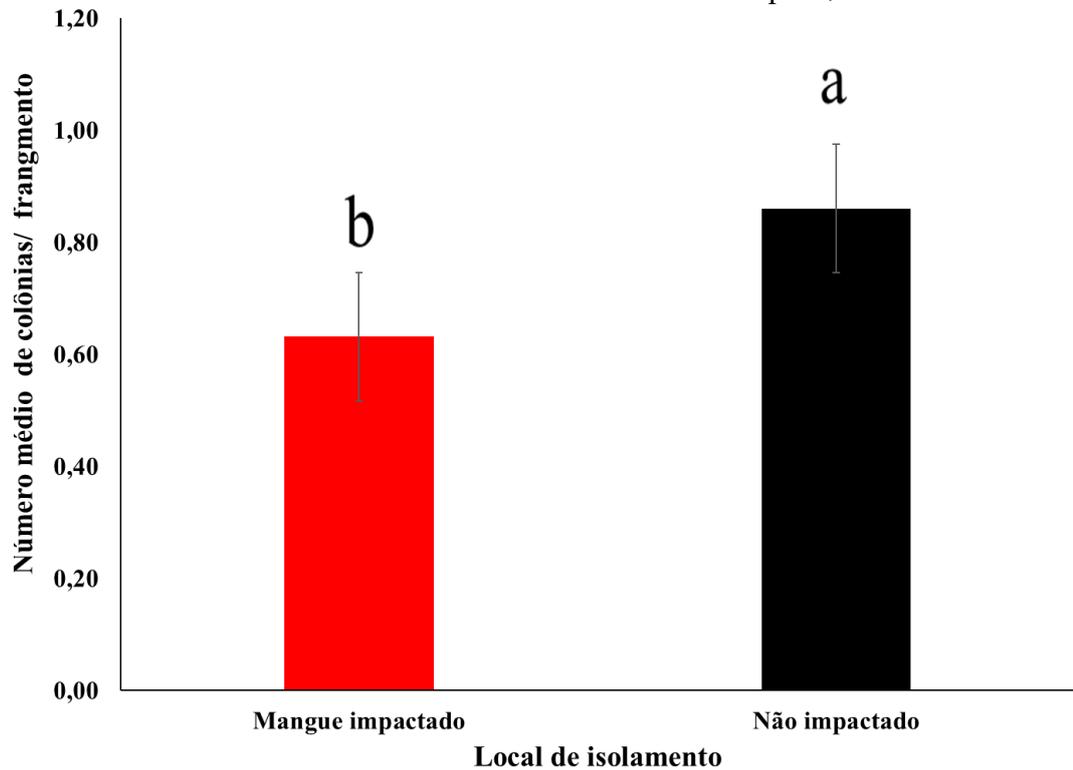
Figura 10. Frequência fúngica endofítica das espécies *A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle* e *S. alterniflora*. Letras iguais representam ausência de diferença estatisticamente significativa. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $\sqrt{X + 1}$.



Fonte: Autora (2022).

Com relação a frequência fúngica entre o ambiente não impactado e impactado, os resultados mostraram diferença significativa entre eles ($P=0,0061$), onde o mangue não impactado apresentou uma maior frequência fúngica e um maior número de isolados (Tabela 2 e Figura 11).

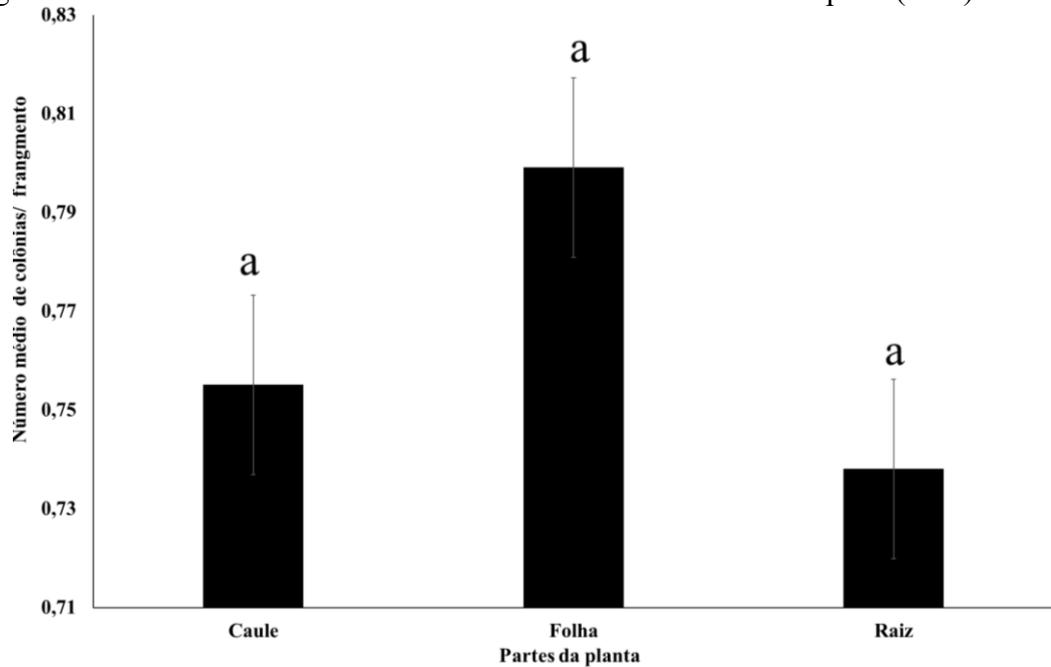
Figura 11. Frequência fúngica endofítica do mangue impactado e não impactado. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $\sqrt{X + 1}$.



Fonte: Autora (2022).

Considerando a frequência fúngica entre as partes da planta, folha, caule e raiz, a análise estatística não mostrou diferenças significativas entre elas (Tabela 2 e Figura 12). Porém, o maior número de isolados foram obtidos de folha (184), seguido de caule (107) e raiz (84).

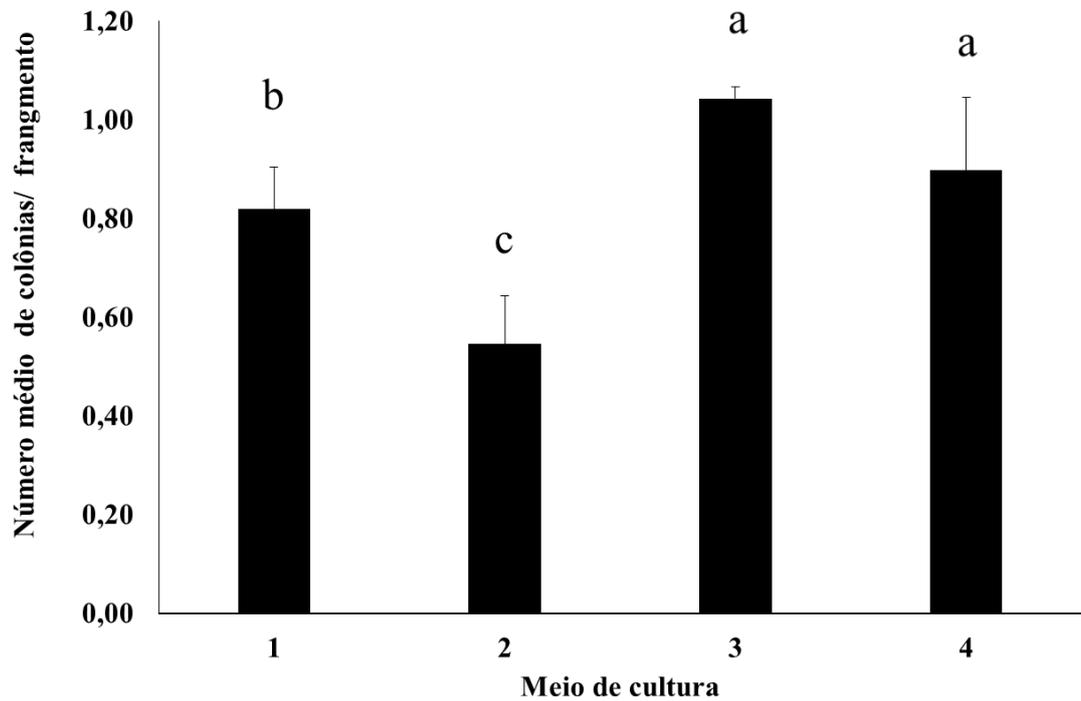
Figura 12. Frequência fúngica endofítica a partir de folha, caule e raiz a partir de plantas endêmicas de mangue. Letras iguais representam ausência de diferença estatisticamente significativa. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $\sqrt{(X+1)}$.



Fonte: Autora (2022).

A análise estatística revelou diferenças significativas entre os meios de cultura utilizados ($P= 0,0017$), entretanto, essa diferença ocorreu apenas entre os meios BDA comum e BDA 70% água do mar (Figura 13).

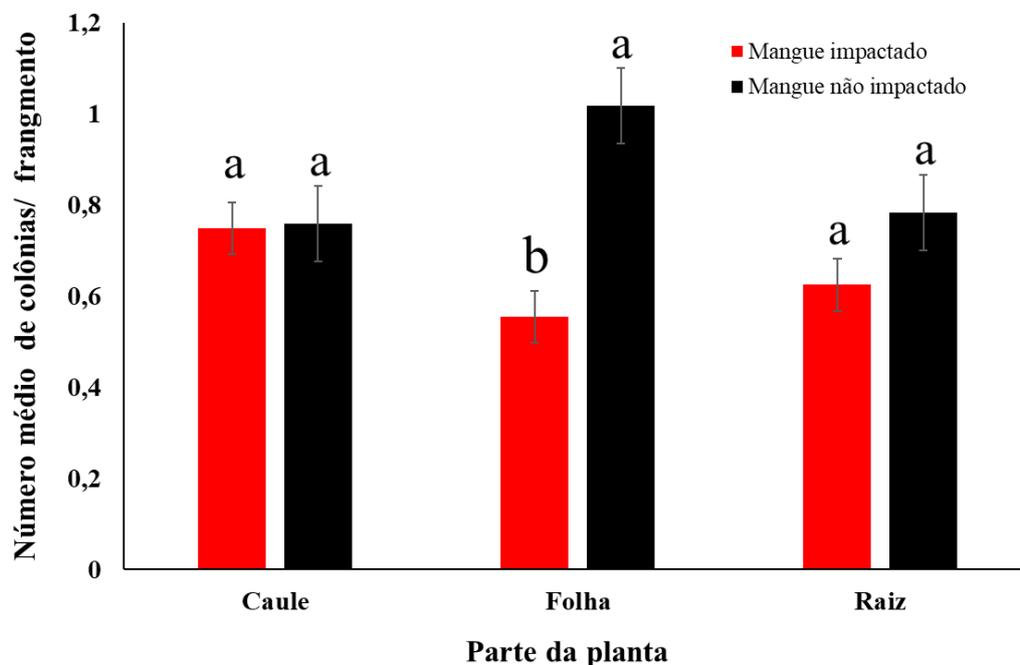
Figura 13. Frequência fúngica endofítica de meio de cultura 1, 2, 3 e 4. Letras iguais representam ausência de diferença estatisticamente significativa. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $\sqrt{X + 1}$.



Fonte: Autora (2022).

Considerando o fator de interação parte da planta vegetal x local de isolamento, observou-se diferenças significativas apenas para a parte foliar da planta em ambos ambientes ($P= 0,04$) (Tabela 2 e Figura 14).

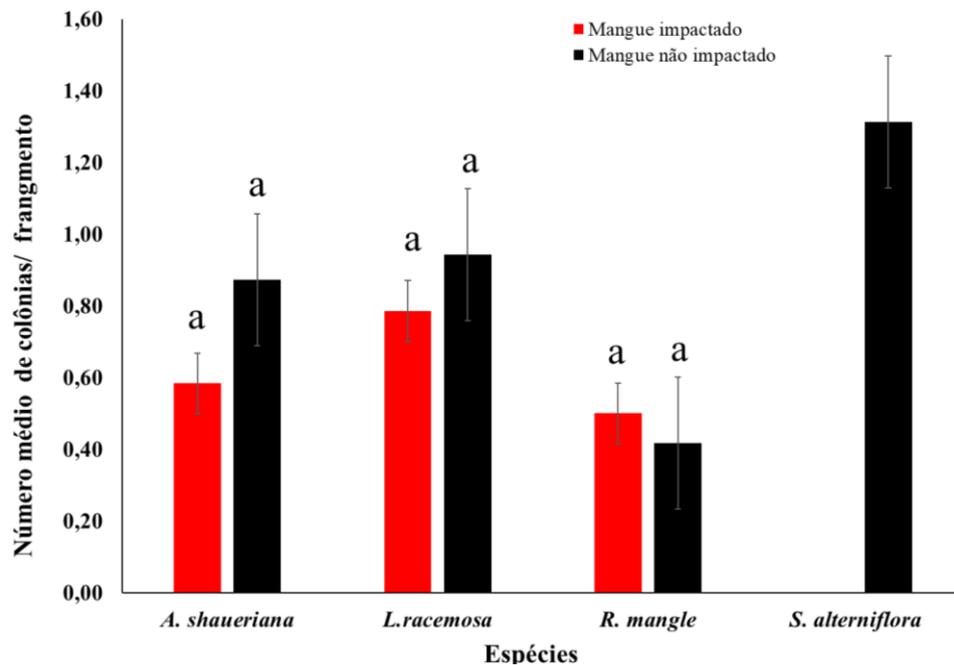
Figura 14. Frequência fúngica endofítica da interação da parte da planta x local de isolamento. Letras iguais representam ausência de diferença estatisticamente significativa. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $\sqrt{X + 1}$.



Fonte: Autora (2022).

Quanto ao fator de interação espécie x local de isolamento, a análise estatística revelou diferença ($P= 0,0012$), entretanto, essa diferença ocorreu devido a espécie *S. alterniflora* não ter sido estudada de mangue impactado. Portanto, a frequência fúngica de *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle* não foi significativamente diferente quando comparada a frequência obtida dessas espécies nos diferentes locais de isolamento (mangue impactado e não impactado) (Tabela 2 e Figura 15).

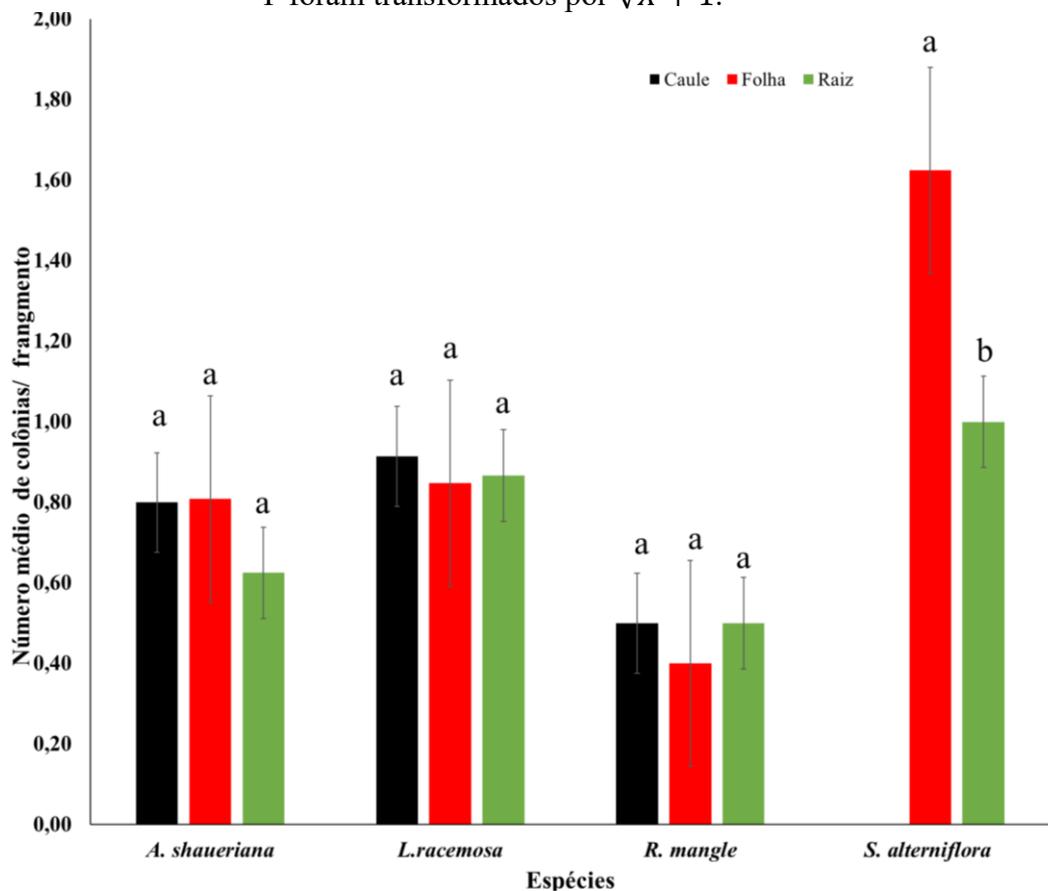
Figura 15. Frequência fúngica endofítica da interação espécie x local de isolamento. Letras iguais representam ausência de diferença estatisticamente significativa. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $\sqrt{X + 1}$.



Fonte: Autora (2022).

No fator de interação espécie x parte da planta, a análise estatística revelou diferença significativa ($P = 0,0201$) entretanto, essa diferença ocorreu apenas entre a espécie *S. alterniflora* e as partes da planta (folha e raiz). Portanto, a frequência fúngica de *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle* não foi significativamente diferente quando comparada a frequência obtida dessas espécies nas diferentes partes da planta (folha, caule e raiz) (Tabela 5 e Figura 15).

Figura 16. Frequência fúngica endofítica da interação espécie x parte da planta. Letras iguais representam ausência de diferença estatisticamente significativa. Os dados mostrados no eixo Y foram transformados por $\sqrt{X + 1}$.



Fonte: Autora (2022)

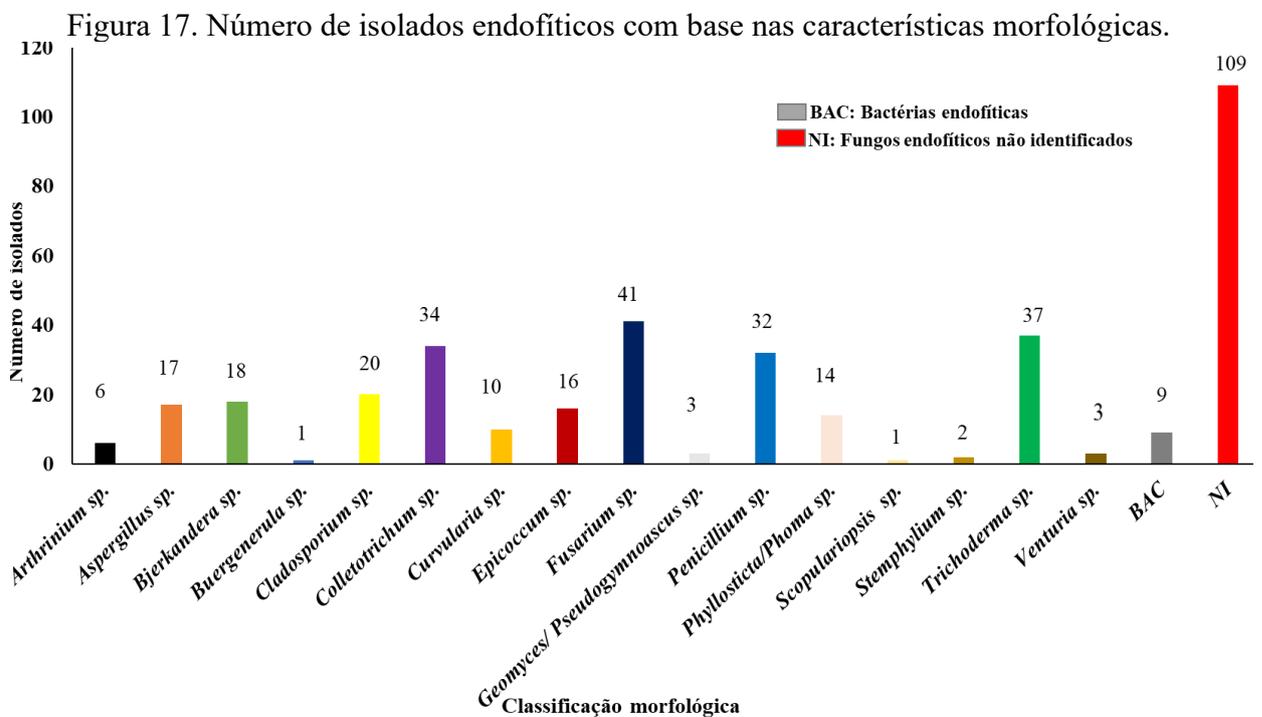
Os outros fatores de interação parte da planta x local de isolamento e espécie x parte da planta x local de isolamento a análise estatística não revelaram diferença significativa ($P < 0,01$ e $< 0,05$) (Tabela 2).

6.2 IDENTIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DOS FUNGOS ENDOFÍTICOS

A identificação baseada nas características macro e micromorfológicas dos 373 isolados permitiu identificar 364 isolados fúngicos e nove isolados de bactérias endofíticas, as quais não são objeto do presente estudo. Não se verificou o isolamento de fungos leveduriformes nesse estudo. Inicialmente os 364 isolados foram agrupados em 62 morfo grupos de acordo com as características macromorfológicas das colônias. A partir do estudo micromorfológico, os 364 isolados foram agrupados em 16 gêneros (48 morfogrupos)

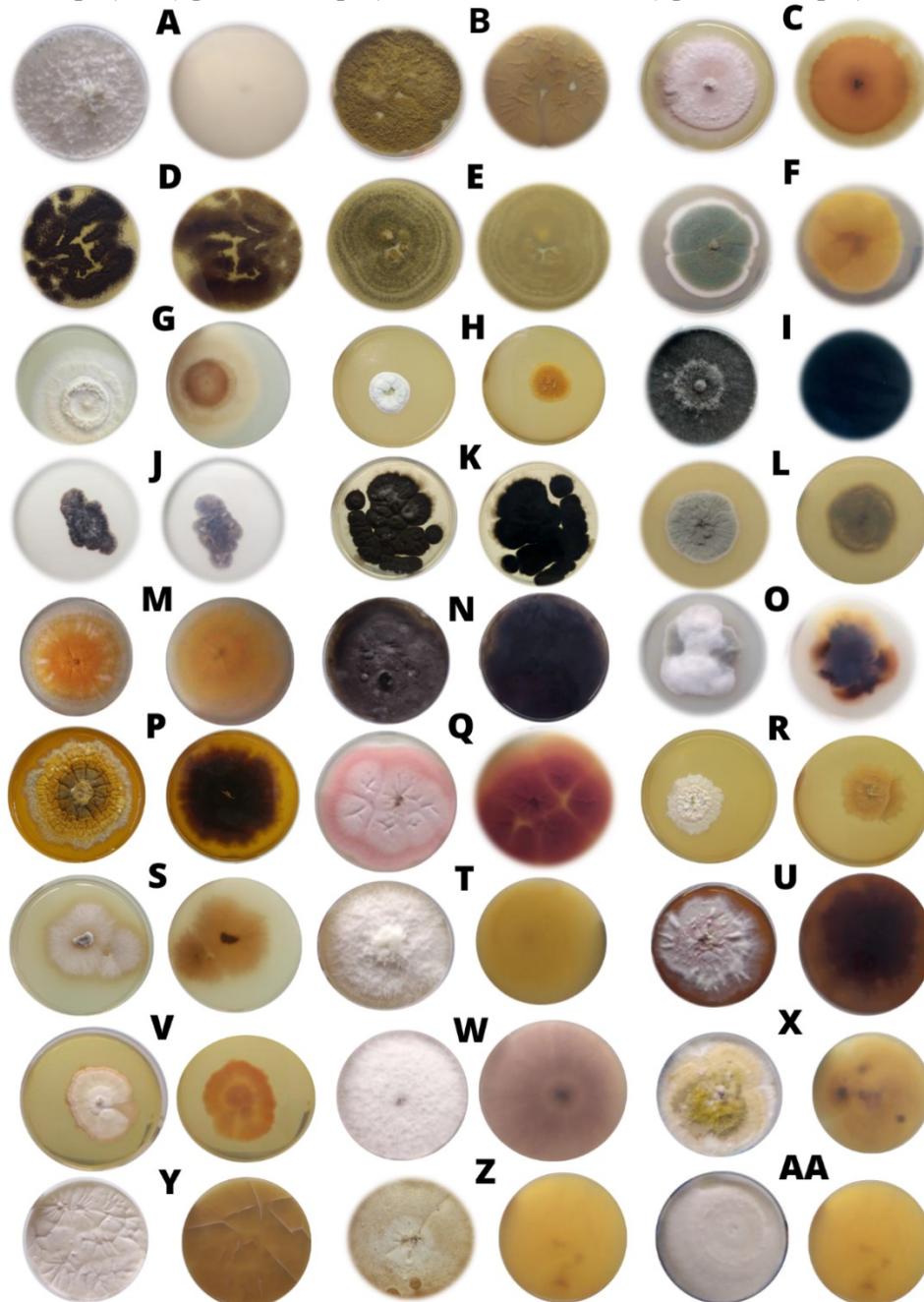
(Figura 18) e 109 isolados não puderam ser identificados uma vez que não apresentam estruturas reprodutivas no meio e condições testadas (Figura 17).

Embora as características morfológicas, principalmente das estruturas reprodutivas e vegetativas (produção de conídios ou esporos) de culturas fúngicas, sejam essenciais para a descrição de novas espécies ou identificar fungos já descritos, um número considerável de isolados de fungos endofíticos não apresentam essas características em meios de cultura (SENANAYAKE et al., 2020). O tipo de concentração de substrato de carbono (fator abiótico), luz, o pH e a temperatura do ambiente (fatores abióticos) aonde os fungos endofíticos foram encontrados influencia na produção de características morfológicas (OGBE, et al., 2020).



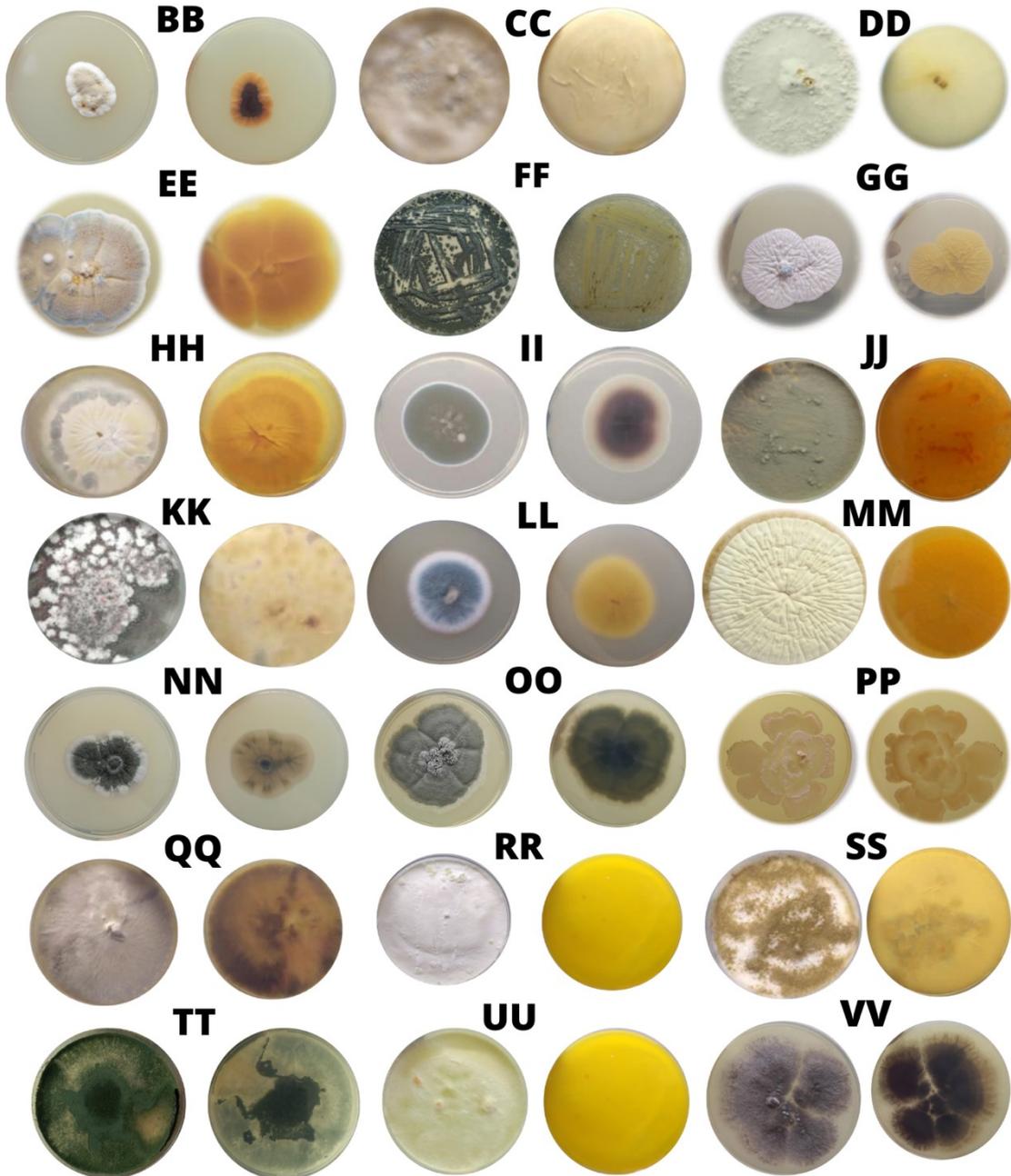
Fonte: Autora (2022)

Figura 18. Macromorfologia do crescimento colonial do verso e reverso em meios de cultura a 25°C por 3 ou 7 dias obtidos no isolamento de fungos endofíticos de manguezais da Ilha de Santa Catarina. Meio 1 e 3 dias: A (*Arthrinium* spp.), C (*Aspergillus* sp.2), D (*Aspergillus* sp.3), H (*Aspergillus* sp.7), K (*Cladosporium* sp.2), T (*Fusarium* sp.1), U (*Fusarium* sp.2), V (*Fusarium* sp.3), W (*Fusarium* sp.4), X (*Fusarium* sp.5), Y (*Fusarium* sp.6) e Z (*Fusarium* sp.7); Meio 2 e 3 dias: (*Aspergillus* sp.1) F (*Aspergillus* sp.5) (F), I (*Buergenerula* sp.), J (*Cladosporium* sp.1), L (*Cladosporium* sp.3), AA (*Fusarium* sp.8); Meio 4 e 3 dias: G (*Aspergillus* sp.4) e GG (*Penicillium* sp.3); Meio 2 e 7 dias: M (*Colletotrichum* sp.), O (*Curvularia* sp. 2) e P (*Epicoccum* sp.1); Meio 1 e 7 dias: N (*Curvularia* sp.1), R (*Epicoccum* sp.3), S (*Epicoccum* sp.4); Meio 4 e 7 dias: Q (*Epicoccum* sp.2).



Fonte: Autora (2022)

Figura 18.1 Meio 1 e 3 dias: CC (*Geotrichum/Bjerkandera* sp. 1), DD (*Geotrichum/Bjerkandera* sp.2), EE (*Penicillium* sp.1), FF (*Penicillium* sp.2), HH (*Penicillium* sp.4), II (*Penicillium* sp.5), JJ (*Penicillium* sp.6), KK (*Penicillium* sp.7), NN (*Penicillium* sp.10) e TT (*Trichoderma* sp.3); Meio 2 e 3 dias: LL (*Penicillium* sp.8), MM, (*Penicillium* sp.9), SS (*Trichoderma* sp.2) e UU (*Trichoderma* sp.4); Meio 3 e 3 dias: E (*Aspergillus* sp.4) e RR (*Trichoderma* sp.1); Meio 1 e 7 dias: OO (*Phoma/Phyllosticta* sp.); Meio 1 e 7 dias: BB (*Geomyces/Pseudogymnoascus* sp.) e QQ (*Stemphylium* sp.); Meio 3 e 7 dias: PP (*Scopulariopsis* sp.) VV (*Venturia* sp.).

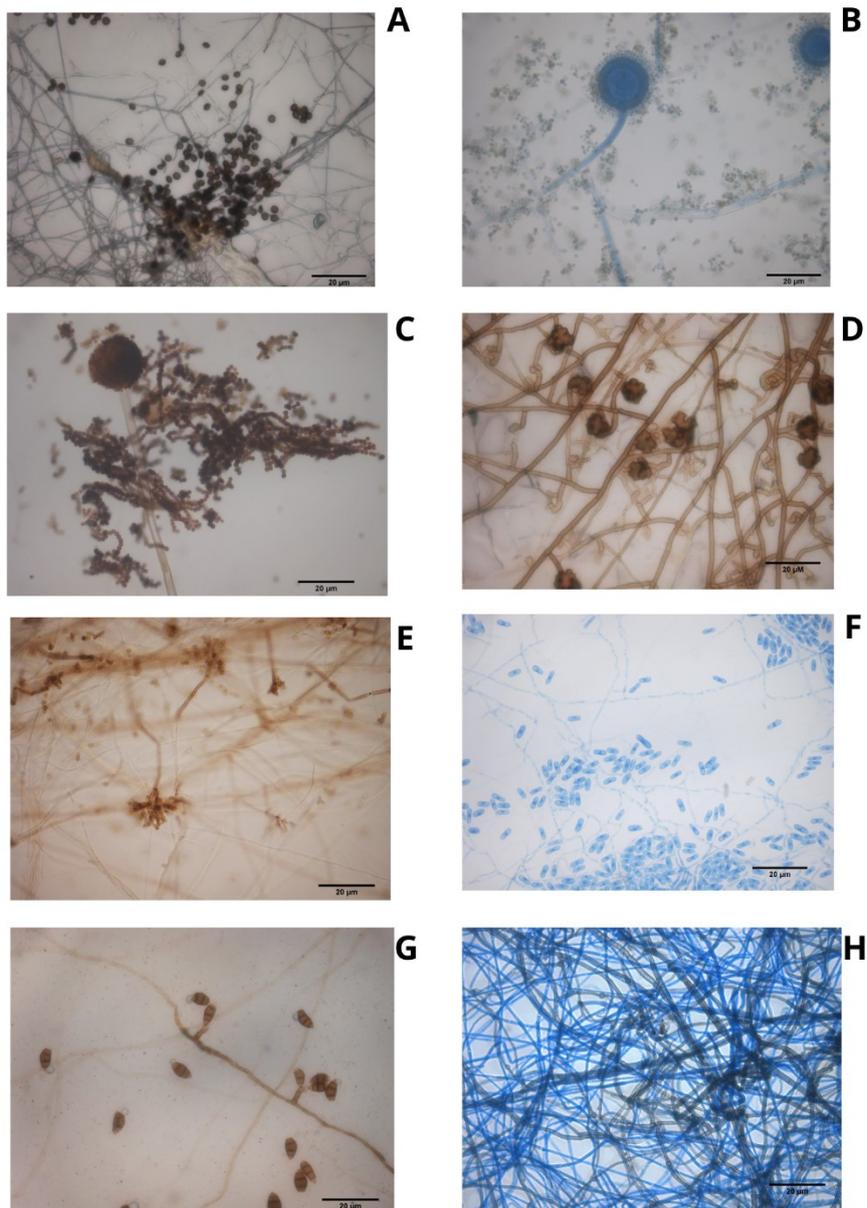


Fonte: Autora (2022)

6.2.1 Características dos gêneros isolados de manguezais da Ilha de Santa Catarina

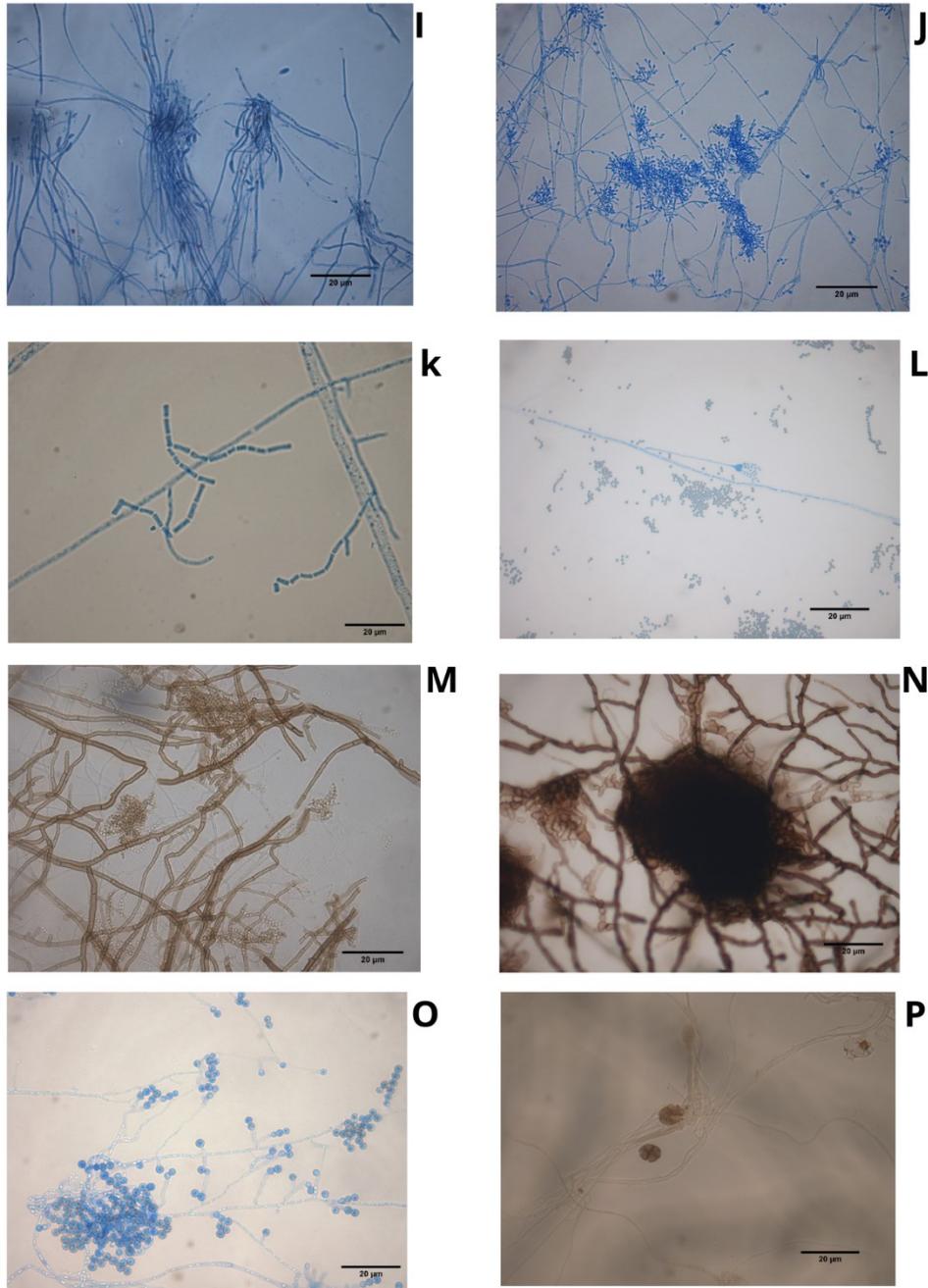
As características macro e micromorfológicas dos fungos isolados estão representadas na Figura 18 e 19, respectivamente.

Figura 19. Características micromorfológicas dos gêneros dos fungos endofíticos de manguezais da Ilha de Santa Catarina. A: *Arthrinium* spp; B: *Aspergillus* sp.1; C: *Aspergillus* sp.3; D: *Buergenerula* sp.; E: *Cladosporium* sp.; F: *Colletotrichum* sp.; G: *Curvularia* sp.; H: *Epicoccum* sp.



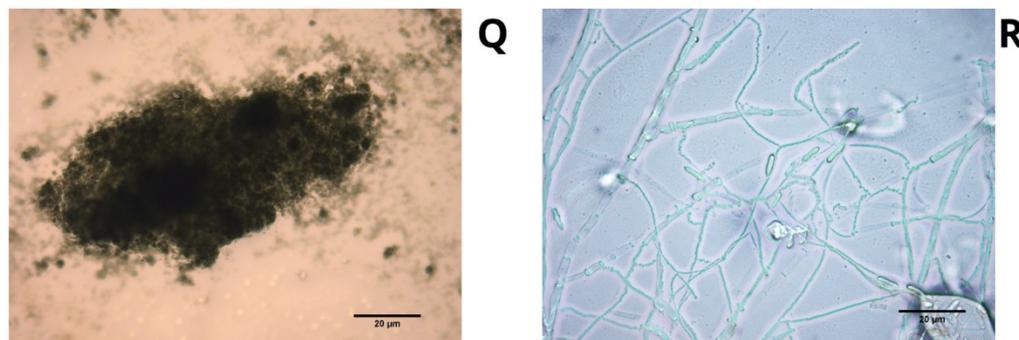
Fonte: Autora (2022)

Figura 19.1 . Características micromorfológicas dos gêneros dos fungos endofíticos de manguezais da Ilha de Santa Catarina. I: *Fusarium* sp; J: *Geomyces/Pseudogymnoascus*; K: *Geotrichum/ Bjerkandera* sp. L: *Penicillium* sp.1; M: : *Penicillium* sp.3; N: *Phoma/Phyllosticta* sp.; O: *Scopulariopsis* sp.; P: *Stemphylium* sp.



Fonte: Autora (2022)

Figura 19.2 Características micromorfológicas dos gêneros dos fungos endofíticos de manguezais da Ilha de Santa Catarina. Q: *Trichoderma* sp.; R: *Venturia* sp.



Fonte: Autora (2022)

6.2.1.1. Gênero *Arthrimum*

Seis fungos isolados foram identificados como pertencentes ao gênero *Arthrimum* spp., caracterizado por colônias brancas algodinosas na superfície e no reverso, de formato circular e margem inteira e crescimento relativamente rápido (cerca de 3 dias) nos meios 1 (BDA comum), meio 3 (Ágar Sabouraud comum) e meio 4 (Ágar Sabouraud + 70% água do mar) a 25°C (Figura 18A). Os isolados de *Arthrimum* se distinguem pelas características de hifas demáceas, septadas e produção de conídios castanhos, lisos e globosos, conforme descrito por Samson et al. (2010) e Pintos et al. (2019) (Figura 18A).

6.2.1.2 Gênero *Aspergillus*

Dezessete fungos isolados foram identificados como pertencentes ao gênero *Aspergillus* spp., caracterizados por apresentarem sete morfo grupos distintos com variação na coloração e textura da colônia. As colônias variaram de coloração branca, nos meios 1 e 4 (*Aspergillus* sp6 e sp7) (Figura 18G e H), coloração amarela (*Aspergillus* sp1) (Figura 18 B), nos meios 1 e 2, coloração rosa (*Aspergillus* sp2) (Figura 18 C), no meio 1, verde claro (*Aspergillus* sp4) (Figura 18 E), nos meios 1 e meio 3, verde escuro (*Aspergillus* sp5) (Figura 18 F), no meio 2, preta (*Aspergillus* sp3) (Figura 18 D), nos meios 1 e meio 2. Todos isolados tiveram crescimento relativamente rápido, em torno de 3 dias, nos quatro meios de cultura a 25°C. Os morfogrupos se distinguiram pelas características de hifas lisas, hialinas, septadas e produção de fiálides e conídios em cadeia, conídios hialinos (*Aspergillus* sp1, sp2, sp4, sp5,

sp6, sp7) (Figura 19B) e marrons (*Aspergillus* sp3) (Figura 19C), conidióforo vesicular, onde ficam inseridas as fiálides, conforme descrito por Samson et al. (2010) (Figura 19).

6.2.1.3. Gênero *Buergenerula*

Um fungo isolado foi identificado como pertencente ao gênero *Buergenerula* sp., caracterizado por apresentar colônia preta azulada algodonosa na superfície e no reverso, formato circular e margem inteira e crescimento relativamente rápido (cerca de 3 dias), no meio 2 a 25°C (Figura 18I). O gênero *Buergenerula* se distinguiu pelas características de hifas demáceas, septadas e produção de hipopódios marrons em forma de trevo (Figura 19D), conforme descrito por Kohlmeyer e Gessner (1976).

6.2.1.4 Gênero *Cladosporium*

Vinte isolados fúngicos foram identificados como *Cladosporium* spp., caracterizados por 3 morfo grupos com colônias pretas rugosas na superfície e no reverso, de formato irregular e margem ondulada, no meio 2, a 25°C (*Cladosporium* sp1) (Figura 18J); colônias pretas filamentosas na superfície e no reverso, textura em pó, de formato irregular e margem ondulada, nos quatros meios (1, 2, 3 e 4) a 25°C (*Cladosporium* sp2) (Figura 18K), e colônias verdes escuras filamentosas na superfície e no reverso, de formato circular e margem inteira, no meio 2, a 25°C (*Cladosporium* sp3) (Figura 18L). Todos isolados tiveram crescimento lento em torno de 7 dias de cultivo. O gênero *Cladosporium* se distinguiu pelas características de hifas demáceas, septadas e produção de conídios marrons ovóides em cadeias de ramificação (Figura 19E) conforme descrito por Samson et al., (2010).

6.2.1.5 Gênero *Colletotrichum*

Trinta e quatro fungos isolados foram identificados como pertencentes ao gênero *Colletotrichum* sp., caracterizados por apresentarem colônias inicialmente brancas, mas que se transformam em colônias laranjas na superfície e no reverso, de formato circular e margem inteira, nos quatros meios de cultura a 25°C (Figura 18M). Todos isolados tiveram crescimento lento em torno de 7 dias de cultivo. O gênero *Colletotrichum* se distinguiu pelas características de hifas hialinas, septadas e produção de conídios de formato elipsóide (Figura 19F), conforme descrito por Peres et al. (2005) e Samson et al. (2010).

6.2.1.6 Gênero *Curvularia*

Dez fungos isolados foram identificados como *Curvularia* spp. e apresentaram 2 morfo grupos, caracterizados por colônias pretas na superfície e no reverso, de formato circular e margem inteira, nos quatros meios de cultura a 25°C (*Curvularia* sp1) (Figura 18N); colônia branca e preta na superfície e amarela inicialmente, mas se transforma em colônia preta no reverso, de formato irregular e margem ondulada, no meio 2, a 25°C (*Curvularia* sp 2.) (Figura 18O). Todos isolados tiveram crescimento lento em torno de 7 dias de cultivo. O gênero *Curvularia* se distinguiu pela característica de hifas demáceas, septadas e produção de conídios marrons septados de formato elipsóide (Figura 19G), conforme descrito por Samson et al. (2010) e Kiss et al. (2019).

6.2.1.7 Gênero *Epicoccum*

Dezesseis fungos isolados foram identificados como *Epicoccum* spp., e divididos em quatro morfo grupos caracterizados por colônias filamentosas de coloração amarelada com presença de exsudatos marrons na superfície e pigmentação rosa no reverso, de formato circular e margem ondulada, nos quatros meios de cultura a 25°C (*Epicoccum* sp1) (Figura 18P); colônia rosa clara filamentosa com presença de exsudatos amarelos na superfície e coloração amarelada no reverso, de formato circular e margem ondulada, no meio 4, a 25°C (*Epicoccum* sp2) (Figura 18Q); colônia filamentosa rosa escura na superfície e no reverso, de formato circular e margem inteira, no meio 1, a 25°C (*Epicoccum* sp3) (Figura 18R) e colônias rosa clara algodonosas na superfície e no reverso, de formato irregular e margem ondulada, nos meios 1 e 2, a 25°C (*Epicoccum* sp4) (Figura 18S). Todos isolados tiveram crescimento lento em torno de 7 dias de cultivo. O gênero *Epicoccum* se distinguiu pelas características de hifas hialinas, septadas e produção de conídios marrons/hialinos globosos com uma célula basal protuberante separando-as (Figura 19H), conforme descrito por Samson et al. (2010).

6.2.1.8 Gênero *Fusarium*

Quarenta e um fungos isolados foram identificados como *Fusarium* sp., divididos em 8 morfogrupos, caracterizados por apresentarem colônias algodonosas brancas na superfície e amareladas no reverso (*Fusarium* sp1.) (Figura 18T), nos quatros meios de cultura com colônias rosas filamentosas na superfície e no reverso de formato circular e margens inteiras, nos meios de cultura 1, 2 e 3, a 25°C; (*Fusarium* sp2.) (Figura 18U); colônias amarelas (*Fusarium* sp.3)

(Figura 18V), brancas filamentosas (*Fusarium* sp6) (Figura 18Y) e rosas algodonasas (*Fusarium* sp4) (Figura 18W), no meio 1, a 25°C; colônias amarelas algodonasas (*Fusarium* sp.5) (Figura 18X) nos meios 1 e 2 a 25°C; colônias amarelas com textura de pó (*Fusarium* sp.7), de formatos circular, no meio 1, a 25°C (Figura 18Z) e colônias algodonasas brancas na superfície e amarelos no reverso, nos meios 2 e 3, a 25°C (*Fusarium* sp.8) (Figura 18AA). Todos isolados tiveram crescimento relativamente rápido (cerca de 3 dias). O gênero *Fusarium* se distinguiu pela característica de hifas hialinas, septadas e produção de conidióforos ramificados e microconídios e macroconídios em forma de foice (Figura 19.1I), conforme descrito por Samson et al. (2010).

6.2.1.9 Gênero *Geomyces/Pseudogymnoascus*

Três fungos isolados foram caracterizados como *Geomyces* sp., caracterizados por apresentarem colônias rosa claras algodonasas com micélios brancos ao redor, com presença de exsudatos na superfície, reverso de cor rosa escuro e amarelo ao redor com filamentos, de formatos irregulares e margens onduladas, nos meios 1, 2 e 4, a 25°C (Figura 18.1BB). Todos isolados tiveram crescimento lento em torno de 7 dias de cultivo. O gênero *Geomyces* se distinguiu pelas características de hifas hialinas, septadas e produção de conidióforos formando ramos verticilados e opostos com um ângulo agudo ao eixo próximo ao ápice (Figura 19.1J), conforme descrito por Samson et al. (2010) e Chen et al. (2017).

6.2.1.10 Gênero *Geotrichum/Bjerkandera*

Dezoito fungos isolados foram identificados como *Geotrichum/Bjerkandera* sp. divididos em 2 morfo grupos, caracterizados por apresentarem colônias brancas inicialmente, mas ao longo do tempo tornando-se marrom, algodonasas na superfície e no reverso, de formatos circulares e margens inteiras, nos quatros meios de cultura a 25°C (*Geotrichum/Bjerkandera* sp1.) (Figura 18.1CC) e branca algodonosa na superfície e no reverso, de formato circular e margem inteira, com produção de exsudatos, no meio 1, a 25°C (*Geotrichum/Bjerkandera* sp2.) (Figura 18.1DD). Todos isolados tiveram crescimento relativamente rápido em torno de 3 dias de cultivo. O gênero *Geotrichum/Bjerkandera* se distinguiu pela característica de estrutura reprodutiva assexuada, as hifas hialinas, septadas e produção de artroconídios unicelulares em forma de barril dispostos em cadeias (Figura 19.1K), conforme descrito por Samson; Sattar et al. (2010) e Kornilłowicz-Kowalska e Rybczyńska et al. (2012).

6.2.1.11 Gênero *Penicillium*

Trinta e dois fungos isolados foram identificados como *Penicillium* sp., divididos em 10 morfo grupos, caracterizados por apresentarem colônias marrons filamentosas com micélios cinza ao redor, com presença de exsudatos na superfície, reverso de cor amarelo ao redor com filamentos, nos meios 1 e 4 a 25°C (*Penicillium* sp1) (Figura 18.1EE); colônias verdes em textura em pó na superfície e amarelo no reverso, nos meios 1, 2 e 3, a 25°C (*Penicillium* sp2) (Figura 18.1FF); colônias brancas filamentosas na superfície e amarelo no reverso, nos meios 3 e 4, a 25°C (*Penicillium* sp3) (Figura 18.1GG); colônias amareladas filamentosas com micélios cinza ao redor na superfície, reverso de cor amarelo, nos meios 1 e 4, a 25°C (*Penicillium* sp4) (Figura 18.1HH); colônia verde filamentosa em textura em pó, com micélios cinza ao redor na superfície e coloração rosa no reverso, no meio 1, a 25°C (*Penicillium* sp5) (Figura 18.1II); colônias verdes em textura em pó na superfície e coloração amarela no reverso, nos meios 1 e 3, a 25°C (*Penicillium* sp6) (Figura 18.1JJ); colônias verdes roseadas na superfície, reverso de cor amarelo, nos meios 1 e 4, a 25°C (*Penicillium* sp7) (Figura 18.1JKK); colônias verdes filamentosas e algodonosas na superfície e coloração amarela no reverso, no meio 2, a 25°C (*Penicillium* sp8) (Figura 18.1LL); colônias beges filamentosas na superfície e coloração amarela no reverso, no meio 2, a 25°C (*Penicillium* sp9) (Figura 18.1MM) e colônia preta filamentosa com micélio cinza ao redor na superfície e coloração amarela no reverso, no meio 1, a 25°C (*Penicillium* sp10) (Figura 18.1NN). Todos isolados tiveram crescimento relativamente rápido em torno de 3 dias de cultivo. O gênero *Penicillium* se distinguiu pelas características de hifas septadas e conídios hialinas (*Penicillium* sp1 a sp9) (Figura 19.1L), hifas septadas e conídios demáceos globosos formando cadeias, (*Penicillium* sp10) (Figura 19.1M), conforme descrito por Samson et al. (2010) e Torres-Garcia et al. (2022).

6.2.1.12 Gênero *Phoma/Phyllosticta*

Quatorze fungos isolados foram identificados como *Phoma/Phyllosticta* spp., caracterizados por apresentarem colônias cinzas ou pretas, filamentosas/rugosas, na superfície e no reverso, de formatos circulares e margens onduladas, nos quatros meios de cultura a 25°C (Figura 18.1OO). Todos isolados tiveram crescimento lento em torno de 7 dias de cultivo. O gênero *Phoma/Phyllosticta* se distinguiu pelas características de hifas septadas e demáceas, com

produção de picnídios marrons e globosos (Figura 19.1N), conforme descrito por Samson et al. (2010), Su e Cai (2012) e Chen et al. (2015).

6.2.1.13 Gênero *Scopulariopsis*

Um fungo isolado foi identificado como *Scopulariopsis* sp. caracterizado por apresentar colônia bege, na superfície e no reverso, de formatos circulares e margens onduladas, no meio 3, a 25°C e crescimento lento em torno de 7 dias de cultivo (Figura 18.1PP). O gênero *Scopulariopsis* se distinguiu pelas características de hifas septadas, hialinas, com produção de conídios elipsoidal a obovoidal, desenvolvido no ápice de cada conidióforo, com base truncada (Figura 19.1O), conforme descrito por Samson et al. (2010) e Sandoval-Denis et al. (2016).

6.2.1.14 Gênero *Stemphylium*

Dois fungos isolados foram identificados como *Stemphylium* sp. caracterizados por apresentarem colônias marrons na superfície e no reverso, de formatos irregulares, nos meios de cultura 1 e 2, a 25°C (Figura 18.1QQ). Todos isolados tiveram crescimento lento em torno de 7 dias de cultivo. O gênero *Stemphylium* se distinguiu pelas características de hifas septadas, demáceas, com produção de conídios marrons elipsóides a obovoidal com septos mais escuros, desenvolvido individualmente no ápice de cada conidióforo (Figura 19.1P), conforme descrito por Samson et al. (2010) e Poursafar et al. (2016).

6.2.1.15 Gênero *Trichoderma*

Trinta e sete fungos isolados foram identificados como *Trichoderma* spp., divididos em quatro morfo grupos, caracterizados por apresentarem colônias brancas algodonosas com pontos verdes, na superfície e coloração amarela no reverso, de formatos circulares e margens inteiras, no meio 3, a 25°C (*Trichoderma* sp1) (Figura 18.1RR); colônias algodonosas brancas inicialmente, mas se transformando em colônias com pontos amarelos ao longo do tempo, na superfície e coloração amarela no reverso, com textura em pó, de formatos circulares e margens inteiras, nos meios de cultura 1 e 2, a 25°C (*Trichoderma* sp2.) (Figura 18.1SS); colônias verdes na superfície e no reverso, com textura em pó, de formatos irregulares, no meio 1 a 25°C (*Trichoderma* sp3) (Figura 18.1TT) e colônias amarelas algodonosas na superfície e no reverso, de formatos circulares e margens inteiras, nos quatros meios de cultivo (*Trichoderma* sp4)

(Figura 18.1UU). Todos isolados tiveram crescimento relativamente rápido em torno de 3 dias de cultivo. O gênero *Trichoderma* se distinguiu pelas características de hifas septadas, hialinas, com produção de conídios verdes ovóides, desenvolvido no ápice ou intercalados de cada conidióforo (Figura 19.2Q), conforme descrito por Samson et al. (2010) e Gu et al. (2020).

6.2.1.16 Gênero *Venturia*

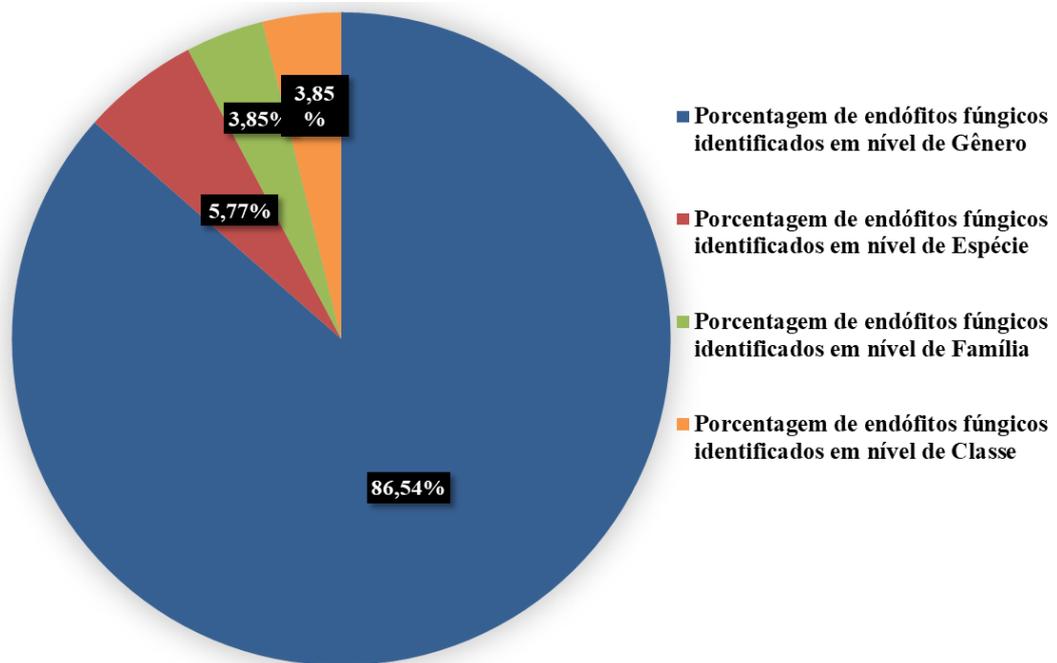
Três fungos isolados foram identificados como *Venturia* caracterizados por apresentarem colônias pretas na superfície e no reverso, de formatos irregulares e margens onduladas, nos meios de cultura 1 e 3, a 25°C (Figura VV). Todos isolados tiveram crescimento lento em torno de 7 dias de cultivo. O gênero *Venturia* se distinguiu pelas características de hifas septadas, demáceas, com produção de conídios hialinos, mas podem produzir conídios marrons e clamidósporos marrons, conforme descrito por Samson et al. (2010; 2020) (Figura 19.2R).

6.3 IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DOS FUNGOS ENDOFÍTICOS

Dos 62 morfogrupos de fungos endofíticos previamente agrupados, 51 morfogrupos foram submetidos ao sequenciamento de alto desempenho da região ITS1, junto a empresa Neopropecta Microbiome Technologies, Brasil. Ao todo, 52 fungos endofíticos (um representante de cada morfo grupo (51 morfo grupos), exceto para o morfo grupo *Trichoderma* sp4 com 2 isolados), foram identificados molecularmente. Os isolados enviados para sequenciamento, obtiveram um código de cadastramento, representado na Tabela 3. As sequências da região ITS1 dos fungos analisadas e obtidas por meio do pipeline Sentinel usando o programa FastQC v.0.11.8 foram comparadas com sequências depositadas no banco de dados GenBank (NCBI). Foram considerados os maiores valores de similaridade (<97%) e de bit-score e valores menores de e-value para determinar a classificação taxonômica dos fungos avaliados.

Os resultados do sequenciamento da região ITS1 de 52 isolados permitiu a identificação de 86,54% das amostras em nível de gênero, de 5,77% em nível de espécie, 3,85% em nível de família e 3,85% em nível de classe (Figura 20 e Tabela 3).

Figura 20. Porcentagem de identificação de endófitos fúngicos em nível gênero e espécie a partir do sequenciamento de alto desempenho da região ITS1.



Fonte: Autora (2022).

Nas condições avaliadas, a comunidade fúngica endofítica associada às plantas de manguezais da Ilha de Santa Catarina é composta por pelo menos 20 gêneros diferentes (Tabela 3). O filo mais abundante de fungos endofíticos isolados de plantas de mangues da Ilha de Santa Catarina deste estudo foi o Ascomycota (94,12%) seguido do Basidiomycota com 5,88% (Tabela 3). Os ascomicetos deste trabalho pertencem às classes Eurotiomycetes, Sordariomycetes e Dothideomycetes e os basidiomicetos pertencem a classe Agaricomycetes (Tabela 3). Estudos de diferentes autores relataram que a comunidade fúngica endofítica de plantas de manguezais inoculadas em meios de cultura BDA e Ágar Saboraud é composta predominantemente pelo filo Ascomycota e que os fungos do filo Basidiomycota são menos frequentes neste ambiente (COSTA et al., 2012; SEBASTIANES et al., 2013; HAMZAH et al., 2018).

Tabela 3 - Identificação taxonômica de 51 isolados de fungos endofíticos baseada no sequenciamento da região ITS1 e análise via BLASTn.

Isolado	Código da Neoprosecta	Identificação morfológica	Identificação molecular	Similaridade (%)	Classe
RASC1B20231	211117147701.1.1.1	<i>Arthrinium</i> sp1.	<i>Arthrinium</i> sp.	100	Sordariomicetos
IASC2A10018	210923114474.1.2.2	<i>Aspergillus</i> sp1.	<i>Aspergillus</i> section Flavi	100	Eurotiomicetos
IASF1A10002	210923114469.1.1.1	<i>Aspergillus</i> sp2.	<i>Aspergillus</i> clade Versicolor	100	Eurotiomicetos
ILRR1A20043	210923114462.2.2.2	<i>Aspergillus</i> sp3.	<i>Aspergillus</i> section Niger	100	Eurotiomicetos
RSAF3B20268	210923114476.1.2.2	<i>Aspergillus</i> sp4.	<i>Aspergillus</i> Section Flavi	100	Eurotiomicetos
ILRCM20042	211117147712.1.1.1	<i>Aspergillus</i> sp5.	<i>Aspergillus</i> clade Versicolor	100	Eurotiomicetos
RASF4B20219	220603184790.1.1.1	<i>Aspergillus</i> sp6.	<i>Aspergillus</i> clade Versicolor	100	Eurotiomicetos
RASCM10119	211117147711.1.1.1	<i>Geotrichum/</i> <i>Bjerkandera</i> sp1.	<i>Bjerkandera</i> sp.	99,6	Agaricomietos
IASCM10015	211117147706.1.1.1	<i>Geotrichum/</i> <i>Bjerkandera</i> sp2.	<i>Bjerkandera</i> sp.	100	Agaricomietos
ILRF2A10023	220603184786.1.1.1	<i>Buergenerula</i> sp1.	<i>Buergenerula spartinae</i>	100	Sordariomicetos
IASF2A10010	211117147695.1.1.1	<i>Cladosporium</i> sp1.	<i>Cladosporium</i> complex <i>sphaerospermum</i>	100	Dothideomicetos
RASC1B20229	210923114453.1.1.1	<i>Cladosporium</i> sp2	<i>Cladosporium</i> sp.	100	Dothideomicetos
RLRR1B10172	210923114475.1.1.1	<i>Cladosporium</i> sp3	<i>Cladosporium</i> complex <i>sphaerospermum</i>	100	Dothideomicetos
RASR2B10144	210923114460.1.1.1	<i>Colletotrichum</i> sp1.	<i>Colletotrichum</i> sp.	100	Sordariomicetos
ILRR1A20047	210923114452.1.2.2	<i>Curvularia</i> sp1.	<i>Curvularia</i> sp.	100	Dothideomicetos
RLRF4B20315	220603184782.1.1.1	NI02	<i>Diaporthe</i> sp.	100	Sordariomicetos
IRMR2A20064	210923114457.1.1.1	NI04	<i>Diaporthe</i> sp.	99,5	Sordariomicetos
RLRF1B20306	210923114456.1.2.2	NI05	<i>Phomopsis/Diaporthe</i> sp.	99,6	Sordariomicetos
RASF1B10104	210923114449.1.1.1	NI09	<i>Phomopsis/Diaporthe</i> sp.	99,5	Sordariomicetos
IASFM30068	211117147708.2.1.1	NI03	Dothideomicetos	94	Dothideomicetos
RLRR2B10184	210923114473.1.1.1	<i>Epicoccum</i> sp1.	<i>Epicoccum/</i> <i>Glonium</i> sp.	100	Dothideomicetos
RLRC4B20340	211117147704.1.1.1	<i>Epicoccum</i> sp2.	<i>Epicoccum</i> sp.	100	Dothideomicetos
RSAF1B20247	210923114450.1.2.2	<i>Epicoccum</i> sp3.	<i>Epicoccum sorghinum</i>	100	Dothideomicetos
RLRF1B10151	210923114471.1.2.2	<i>Epicoccum</i> sp4.	<i>Epicoccum</i> sp.	100	Dothideomicetos
ILRC1A10026	210923114466.1.1.1	<i>Fusarium</i> sp1.	<i>Fusarium</i> sp.	100	Sordariomicetos
ILRR1A10032	210923114467.1.1.1	<i>Fusarium</i> sp2.	<i>Fusarium</i> sp.	100	Sordariomicetos
RASR1B10135	211117147700.1.1.1	<i>Fusarium</i> sp4.	<i>Fusarium oxysporum</i> complex	100	Sordariomicetos
RASC1B10117	211117147703.1.1.1	<i>Fusarium</i> sp5.	<i>Fusarium incarnatum-</i> <i>equiseti</i> complex	100	Sordariomicetos
RLRRM10179	211117147709.1.1.1	<i>Fusarium</i> sp6.	<i>Fusarium oxysporum</i> complex	100	Sordariomicetos
RASF1B10107	211117147699.1.1.1	<i>Fusarium</i> sp7.	<i>Fusarium</i> sp.	100	Sordariomicetos
RASF2B10109	220603184781.1.1.1	<i>Fusarium</i> sp8.	<i>Fusarium Oxysporum</i> complex	100	Sordariomicetos

continua...

Tabela 3. - Identificação taxonômica de 51 isolados de fungos endofíticos baseada no sequenciamento da região ITS1 e análise via BLASTn. (continuação)

Isolado	Código da Neoprospecta	Identificação morfológica	Identificação molecular	Similaridade (%)	Classe
IASF1A10001	211117147692.1.1.1	NI01	<i>Neofusicoccum parvum</i>	100	Dothideomicetos
IASC1A20038	210923114451.1.1.1	<i>Geomyces</i> sp1.	<i>Pseudogymnoascus</i> sp.	100	Dothideomicetos
IASF2A10009	211117147694.1.1.1	<i>Penicillium</i> sp1.	<i>Penicillium</i> Citrinum clade	100	Eurotiomicetos
ILRF1A10021	210923114477.1.2.2	<i>Penicillium</i> sp2.	<i>Penicillium</i> Glabra series	100	Eurotiomicetos
IRMF40095	211117147710.1.1.1	<i>Penicillium</i> sp3.	<i>Penicillium</i> Citrinum clade	100	Eurotiomicetos
ILRR1A20044	210923114455.1.2.2	<i>Penicillium</i> sp4.	<i>Penicillium</i> sp.	100	Eurotiomicetos
RRMF1B20360	211117147702.1.1.1	<i>Penicillium</i> sp5.	<i>Penicillium</i> section Citrina	100	Eurotiomicetos
RASC1B10118	210923114463.1.1.1	<i>Penicillium</i> sp7.	<i>Talaromyces</i> sp.	100	Eurotiomicetos
IASF2A10011	211117147696.1.1.1	<i>Penicillium</i> sp8.	<i>Penicillium</i> sp.	100	Eurotiomicetos
RLRR2B10190	220603184785.1.1.1	<i>Penicillium</i> sp9.	<i>Penicillium</i> section Citrina	100	Eurotiomicetos
RASF1B20191	220603184787.1.1.1	<i>Penicillium</i> sp10	<i>Penicillium</i> Glabra series	100	Eurotiomicetos
RASFM10100	211117147707.1.1.1	NI07	<i>Phlebia</i> sp.	100	Agaricomycetos
IRMC2A10035	210923114454.1.1.1	<i>Phoma/Phyllosticta</i> sp1.	<i>Phyllosticta</i> sp.	100	Dothideomicetos
RSAF3B20271	220603184783.1.1.1	NI13	Sordariomicetos	97	Sordariomicetos
IASF2A10006	211117147693.1.1.1	<i>Stemphylium</i> sp1.	<i>Stemphylium</i> sp.	100	Dothideomicetos
RASF3B20207	210923114459.1.1.1	<i>Trichoderma</i> sp1.	<i>Trichoderma</i> section Longibrachiatum	100	Dothideomicetos
RASF1B20198	220603184789.1.1.1	<i>Trichoderma</i> sp3	<i>Trichoderma</i> section Harzianum	100	Dothideomicetos
ILRF2A10022	211117147697.1.1.1	<i>Trichoderma</i> sp4.	<i>Trichoderma</i> section Longibrachiatum	100	Dothideomicetos
RASC1B10122	220603184788.1.1.1	<i>Trichoderma</i> sp4.	<i>Trichoderma</i> section Longibrachiatum	100	Dothideomicetos
RASF1B10101	211117147698.1.1.1	NI06	Xylariaceae	99	Dothideomicetos
RLRC4B20335	210923114458.1.1.1	NI08	Xylariaceae	100	Dothideomicetos

Fonte: Autora (2022).

6.3.1 Identificação molecular dos fungos endofíticos não identificados morfológicamente e suas características morfológicas

Neste estudo, os fungos endofíticos não identificados morfológicamente, foram identificados como pertencentes ao gêneros *Diaporthe/Phomopsis* (isolados RLR4B20315, IRMR2A20064, RLR1B20306, RASF1B10104), *Phlebia* (isolado RASFM10100) espécie *Neofusicoccum parvum* (isolado IASF1A10001), classe Dothideomicetos (isolado IASFM30068) e Sordariomicetos (isolado RSAF3B20271) e família Xylariaceae RASF1B10101 e RLRC4B20335 (Tabela 3). As características macromorfológicas destes isolados estão representadas no Apêndice A, os quais apresentaram colônias de coloração

transparentes, brancas, amarelas, beges, rosas, cinzas, marrons e pretas. O isolado IASF1A10001 identificados como *Neofusicoccum parvum* apresentou crescimento relativamente rápido (aproximadamente 3 dias) em BDA a 25°C. O restante destes fungos apresentaram crescimento lento, em torno de 7 dias nos meios isolados. No Apêndice B estão representados duas características micromorfológicas dos isolados IASF1A10001 e RASF1B10101 que apresentaram apenas hifas demáceas/hialinas septadas sem nenhuma estrutura reprodutiva característica observados no microscopio óptico 400X, a partir da técnica de microcultivo em meio BDA por 7 ou 14 dias.

6.3.2 Fungos endofíticos identificados quanto as clados/ séries/ seção/ complexos

Alguns isolados dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Penicillium* e *Trichoderma* puderam ser identificados quanto aos clados/ séries/ seção/ complexos.

6.3.2.1 Gênero *Aspergillus*

Seis isolados (6 morfogrupos) foram identificados em três seções/clados de *Aspergillus*: Flavi, Versicolor e Niger. Os isolados IASC2A10018 e RSAF3B20268 apresentaram similaridade de 100% para 5 espécies *Aspergillus flavus*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus austwickii*, *Aspergillus aflatoxiformans* e *Aspergillus nomiae* pertencentes a seção *Aspergillus* Flavi. Os isolados IASF1A10002, ILRCM20042 e RASF4B20219 apresentaram similaridade de 100% para as espécies *Aspergillus sydowii*, *A. carneus*, *A. unguis* e *A. versicolor* e *A. austroafricanus*, pertencentes ao clado Versicolor. O isolado ILRR1A20043 apresentou similaridade de 100% para as espécies *Aspergillus neoniger*, *A. piperis*, *A. tubingensis*, *A. luchuensis* e *Aspergillus niger* pertencentes a seção Niger.

6.3.2.2 Gênero *Fusarium*

Quatro isolados (4 morfo grupos) foram identificados em dois complexos de *Fusarium oxysporum* e *incarnatum-equiseti*. Os isolados RASR1B10135, RLRRM10179 e RASF2B10109 1 apresentaram similaridade de 100% para as espécies *Fusarium ardidichlamydosporum*, *F. glycines*, *F. gossypinum*, *F. carminascens*, *F. tardicrescens*, *F. fabacearum*, *F. duoseptatum*, *F. lacertarum*, *F. grosnichelii*, entre outras, pertencentes ao complexo *Fusarium oxysporum*. O isolado RASC1B10117 (morfogrupo *Fusarium sp5*.) apresentou similaridade de 100% para as espécies *Fusarium incarnatum*, *F. equiseti*, *F.*

pernambucanum, *F. culmorum*, *F. duofalcatisporum* e *F. sulawesiense* pertencentes ao complexo *Fusarium incarnatum-equiseti*.

6.3.2.3 Gênero *Cladosporium*

Dois morfogrupos foram identificados no complexo de *Cladosporium sphaerospermum*. Os isolados IASF2A10010 e RLRR1B10172 apresentaram similaridade de 100% para as espécies *Cladosporium sphaerospermum*, *C. halotolerans*, *C. omanens* e *C. parahalotolerans*, pertencentes ao complexo *C. sphaerospermum*.

6.3.2.4 Gênero *Penicillium*

Seis isolados (6 morfogrupos) foram identificados em três cladogramas/séries : *Penicillium Citrinum*/ *Citrina* e *Penicillium Glabra*. Os isolados IASF2A10009, IRMF40095, RRMF1B20360 e RLRR2B10190 apresentaram similaridade de 100% para as espécies *Penicillium griseofulvum*, *P. citrinum*, entre outras, pertencentes ao clado *Penicillium Citrinum*. Os isolados ILRF1A10021 e RASF1B20191 apresentaram similaridade de 100% para as espécies pertencentes as séries *Penicillium Glabra*.

6.3.2.5 Gênero *Trichoderma*

Quatro isolados (3 morfogrupos) foram identificados em duas seções: *Trichoderma Longibrachiatum* e *Trichoderma Harzianum*. Os isolados RASF3B20207 ILRF2A10022 e RASC1B10122, apresentaram similaridade de 100% para as espécies pertencentes à seção *Trichoderma Longibrachiatum*. Apenas o isolado RASF1B20198 foi identificado (similaridade 100%) como pertencente a série *Trichoderma Harzianum*.

6.3.3 Características morfológicas dos fungos endofíticos identificados molecularmente por seção/série/espécie/complexo

6.3.3.1 Gênero *Aspergillus*

Os fungos da seção *Aspergillus Flavi* geralmente apresentam características de colônias verdes/ amarelas/brancas filamentosas em textura em pó (VARGA et al., 2011), e pôde ser observado colônias verdes e amarelas em dois morfogrupos isolados e identificados neste estudo (isolado IASC2A10018, morfogrupo *Aspergillus* sp1. e RASF3B20268 morfogrupo *Aspergillus* sp4.), com colônias verdes e amarelas filamentosas em textura em pó (Figura 18B

e 18E). Os fungos isolados do clado Versicolor geralmente apresentam características de colônias rosas, verdes e brancas (JURJEVIĆ et al., 2012), conforme os 3 morfogrupos isolados e identificados neste estudo (IASF1A10002 morfogrupo *Aspergillus* sp2.; ILRCM20042, morfogrupo *Aspergillus* sp5.; RASF4B20219, morfogrupo *Aspergillus* sp7.) (Figura 18C, 18Fe 18G). Apenas um fungo foi identificado quanto a seção *niger* (isolado ILRR1A20043, morfogrupo *Aspergillus* sp3.), com características de colônias pretas de textura em pó, geralmente característicos das espécies dessa seção (DUARTE et al.,2018) (Figura 18D).

6.3.3.2 Gênero *Fusarium*

Os fungos identificados como pertencentes ao complexo *Fusarium oxysporum* geralmente apresentam características de colônias brancas, amarelas rosas, algodonosas ou filamentosas (LOMBARD et al., 2019), e pôde ser observado nos três morfogrupos isolados e identificados neste estudo (isolado RASR1B10135, morfogrupo *Fusarium* sp4; isolado RLRRM10179 morfogrupo *Fusarium* sp6. e RASF2B10109 morfogrupo *Fusarium* sp8.) (Figura 18W, 18Y e 18AA). O isolado RASC1B10117 (morfogrupo *Fusarium* sp5.) identificado como pertencente ao complexo *Fusarium incarnatum-equiseti* apresentou colônia bege em textura em pó (Figura 25M) (AYOUBI; SOLEIMANI 2016).

6.3.3.3 Gênero *Cladosporium*

Os fungos identificados como pertencentes ao complexo *Cladosporium sphaerospermum* geralmente apresentam características de colônias pretas, cinzas ou marrons, filamentosas ou rugosas (LOMBARD et al., 2019), pôde ser observado nos dois morfogrupos com colônias pretas e verdes, neste estudo (isolado IASF2A10010, morfogrupo *Cladosporium* sp1. e isolado RLRR1B10172 morfogrupo *Cladosporium* sp3.) (Figura 18J e 18L).

6.3.3.4 Gênero *Penicillium*

Os fungos identificados como pertencentes ao clado *Penicillium Citrinum* geralmente apresentam características de colônias brancas, beges, verdes e marrons (HOUBRAKEN et al., 2010), pôde ser observado nos quatro morfogrupos, neste estudo (isolado IASF2A10009, morfogrupo *Penicillium* sp1; isolado IRMF40095 morfogrupo *Penicillium* sp3.); isolado RRMF1B20360 morfogrupo *Penicillium* sp5 e isolado RLRR2B10190 morfogrupo *Penicillium* sp9 (Figura 18.1EE, 18.1GG, 18.1II e 18.1MM). Os isolados ILRF1A10021 e RASF1B20191

pertencentes as séries *Penicillium* *Glabra* geralmente apresentam características de colônias pretas e verdes (BARRETO et al., 2011), o que pôde ser observado nos dois morfogrupos (isolado ILRF1A10021), morfogrupo *Penicillium* sp.2 e no isolado RASF1B20191 morfogrupo *Penicillium* sp10 (Figura 18.1FF e 18.1NN).

6.3.3.5 Gênero *Trichoderma*

Os fungos identificados como pertencentes à seção *Trichoderma* *Longibrachiatum* geralmente apresentam características de colônias brancas e amarelas filamentosas (SAMUELS et al., 2012), o que pôde ser observado nos dois morfogrupos, neste estudo (isolado RASF3B20207), morfogrupo *Trichoderma* sp.1 e isolados ILRF2A10022 e RASC1B10122, morfogrupo *Trichoderma* sp.4 (Figura 18.1RR e 18.1UU). O isolado RASF1B20198 identificado como pertencente a série *Trichoderma* *Harzianum*, apresentou colônias verdes em textura em pó e algodonosa, característico dessa seção de *Trichoderma* (GU et al.,2020) (Figura 18.1TT).

6.3.4 Diversidade da comunidade fúngica endofítica: cálculo dos índices de frequência e de diversidade.

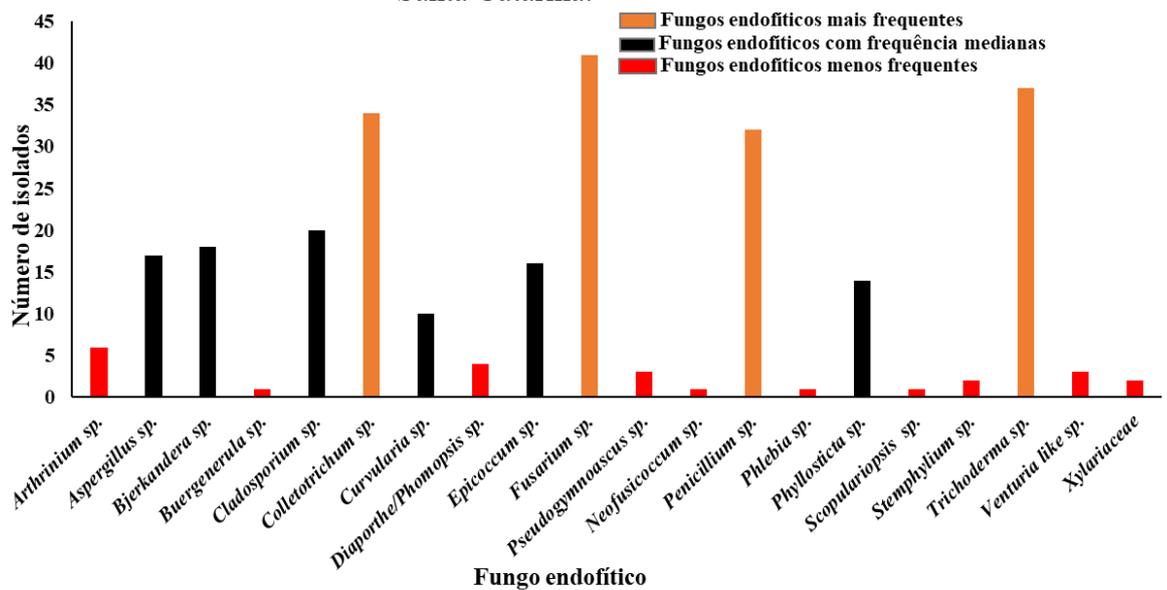
Para a análise da diversidade da comunidade fúngica (índices de frequência e de diversidade), foram utilizados os fungos identificados morfológicamente e molecularmente em nível de gênero ou espécie, com exceção do fungo identificado como pertencente a família Xylariaceae que também foi incluído, totalizando 263 isolados. Foram considerados fungos mais frequentes aqueles que possuíram uma porcentagem de frequência acima de 10%. Para frequências medianas foram consideradas porcentagens entre 3 a 10% e para frequências menores/pequenas foram consideradas porcentagens menores que 3%.

6.3.4.1 Índice de frequência e número de isolados da comunidade fúngica de manguezal não impactado e impactado pelas ações antrópicas.

A frequência total e parcial dos gêneros de fungos endofíticos dos manguezais variou de 0,38 a 15,48% e está representado no Apêndice A. Dos 263 fungos endofíticos avaliados, 72 (27,38%) e 191 (72,62%) foram obtidos de plantas de mangue impactado e não impactado, respectivamente. Considerando as características morfológicas e moleculares dos endófitos isolados, os resultados obtidos mostraram que os gêneros *Fusarium*, *Trichoderma*,

Colletotrichum e *Penicillium* apresentaram o maior número de isolados e maior frequência em plantas de manguezais da Ilha de Santa Catarina. O restante dos gêneros identificados neste trabalho, apresentaram frequências medianas ou menores nesses locais (Figura 21 e Apêndice C).

Figura 21. Gêneros de fungos endofíticos isolados de plantas de dois manguezais da Ilha de Santa Catarina.



Fonte: Autora (2022).

6.3.4.1.1 Gêneros de fungos endofíticos mais frequentes em plantas de manguezais da Ilha de Santa Catarina

O gênero de fungos endofíticos com maior frequência em plantas de mangue no presente estudo foi o *Fusarium*, constituído por 41 isolados (Figura 21), representando 15,59% da população fúngica isolada. Este gênero tem sido isolado como endófito de vários hospedeiros de regiões subtropicais e tropicais, principalmente em plantas de mangues da Nigéria, Malásia, Bangladesh e Brasil (Anexo A) (SEBASTIANES et al., 2013; AKINDUYITE; ARIOLE et al., 2018; HAMZAH et al., 2018; PINTO, 2019; NURUNNABI et al., 2020).

A comunidade fúngica endofítica de *Fusarium* sp. presente nas partes da planta do mangue da Ilha de Santa Catarina não foi afetada pela ação antrópica, visto que o mesmo foi isolado das partes de espécies vegetais, coletados nos dois manguezais de estudo em percentuais semelhantes de frequência de 16,67 % e 15,18% no mangue impactado e não impactado, respectivamente (Figura 22 e Apêndice C). Como a quantidade de fungos avaliados no mangue

não impactado (192) é quase três vezes maior que a do mangue impactado (73), a frequência consequentemente vai ser menor caso a diferença de isolados não seja tão grande.

Resultados semelhantes foram relatados para este gênero em estudo realizado em manguezal impactado e não impactado do estado de São Paulo (SEBASTIANES et al., 2013). Os autores não observaram diferenças estatísticas na frequência de endófitos em plantas de mangue impactado (21,59%), quando comparado ao mangue não impactado (20%). Algumas espécies deste gênero isolados de plantas de mangue demonstraram atividade antibacteriana (SUPRATMAN et al., 2021) e antitripanosoma (MAZLAN et al., 2020). O isolado RASC1B10117 (morfogrupo *Fusarium* sp5) identificado como pertencente ao complexo *Fusarium incarnatum-equiseti* (Tabela 3) foi isolado apenas de *A. schaueriana* coletada do manguezal não impactado. Os demais isolados (morfogrupos de *Fusarium* sp4, 5, 6 e 8) como pertencentes ao complexo *Fusarium oxysporum* foram encontrados nos dois manguezais.

Trichoderma foi o segundo gênero mais frequente isolado de plantas de mangue da Ilha de Santa Catarina, constituído por 37 isolados de endófitos, representando 14,07% da comunidade avaliada. Este gênero já foi isolado anteriormente de plantas de mangues da China e do Brasil (Anexo A) (SEBASTIANES et al., 2013; ZHANG et al., 2017; PINTO, 2019). O gênero da fase teleomórfica (morfo sexual, *Hypocrea* sp.), já foi isolado como fungo endófito de *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle* do mangue brasileiro e de *Premna serratifolia*, de plantas de mangue da Índia (Anexo A) (SEBASTIANES et al., 2013; RATNAWEERA et al., 2016).

A comunidade fúngica endofítica de *Trichoderma* sp. presente em plantas de mangues da Ilha de Santa Catarina parece não ter sido afetada pela ação antrópica, visto que, este mesmo foi isolado a partir de espécies vegetais, coletados nos dois manguezais de estudo. Entretanto, *Trichoderma* sp. apresentou diferenças estatísticas na frequência e número de isolados no mangue impactado e não impactado, em que houve uma maior frequência (16,23 %) e número de isolados (31 isolados) no mangue não impactado quando comparado ao mangue impactado (8,33%, 6 isolados). Sendo assim, apesar do fungo *Trichoderma* sp. ter sido isolado nos dois manguezais em estudo, os resultados sugerem que ação antrópica impactou na frequência e no número de isolados deste fungo. (Figura 22 e Apêndice C). O isolado RASF1B20198 (morfogrupo *Trichoderma* sp3) identificado como pertencente à seção *Trichoderma* (Tabela 3) foi isolado apenas de manguezal não impactado. Os demais isolados (morfogrupos *Trichoderma* sp1 e 3) como pertencentes à seção *Longibrachiatum* foram encontrados nos dois

manguezais. Este gênero foi o quarto mais frequente (8,72%) em manguezais do estado de São Paulo (SEBASTIANES et al., 2013). Neste estudo os autores observaram diferenças pequenas entre as frequências em mangues impactados e não impactados, com frequência maior (5,88%) no mangue não impactado em comparação com o mangue impactado (3,41%).

O terceiro gênero de fungo endofítico mais frequente de mangues na Ilha de Santa Catarina foi o *Colletotrichum*, constituído por 34 isolados, representando 12,93% da comunidade avaliada (Figura 21 e Apêndice C). Algumas espécies deste gênero isoladas de plantas de mangue apresentaram atividades antibacterianas, antitumorais (CHAEPRASERT et al., 2010) e produção de enzimas de interesse biotecnológico (SOPALUN et al., 2021). Este gênero já foi isolado como fungo endofítico de plantas de mangue no Brasil, Bangladesh, Tailândia e Nigéria (Anexo A) (CHAEPRASERT et al., 2010; COSTA et al., 2012; SEBASTIANES et al., 2013; MAIA, 2019 NURUNNABI et al., 2020). Assim como *Fusarium* e *Trichoderma*, a comunidade fúngica endofítica de *Colletotrichum* sp em plantas de mangue da Ilha de Santa Catarina não foi afetada pela ação antrópica, visto que, este gênero foi isolado a partir dos materiais vegetais coletados nos dois manguezais de estudo (Figura 36). Entretanto, *Colletotrichum* sp. apresentou uma diferença maior na frequência e maior número de isolados no mangue não impactado (14,14%, 27 isolados) em comparação com o mangue impactado (9,72%, 7 isolados) (Figura 22 e Apêndice C). Sendo assim, apesar do fungo *Colletotrichum* sp. ter sido isolado dos dois manguezais de estudo, a ação antrópica impactou na frequência e no número de isolados deste fungo. Este gênero apresentou a segunda maior frequência (19,19%) do manguezal do estado de São Paulo, porém ocorreu uma maior frequência (17,05%) e número de isolados (15) no mangue impactado quando comparado com o mangue não impactado (7,06% e 6 isolados) (SEBASTIANES et al., 2013). Este gênero também foi relatado como um dos mais frequentes fungos endofíticos de plantas de mangue no estado de Pernambuco (COSTA et al., 2012).

O quarto e último gênero de fungo mais frequente foi o *Penicillium* (teleomorfo, *Talaromyces*) constituído por 32 isolados, representando 12,17% da comunidade avaliada (Figura 21 e Apêndice C). Para alguns isolados que foram identificados como do clado/seção de *Penicillium* Citrinum, neste trabalho, já foram relatadas atividades antibacterianas e antivirais. Este gênero de fungo associado a plantas de mangue da Ilha de Santa Catarina também não foi afetado pela ação antrópica, visto que, este gênero foi isolado a partir dos

materiais vegetais coletados nos dois manguezais de estudo (Figura 36). A frequência de *Penicillium* sp. foi semelhante entre os dois mangues estudados, embora o mangue não impactado tenha apresentado um maior número de isolados e de frequência (Figura 22 e Apêndice C). Os isolados IASF2A10009, IRMFM40095, RRMF1B20360 e RLRR2B10190 (morfo grupos *Penicillium* sp1, 3, 5 e 9) identificado como pertencente do clado/seção Citrinum/Citrina e da série Glabra (morfogrupos *Penicillium* sp 2), foram encontrados nos dois manguezais. Entretanto, o isolado RASC1B10118 identificado como *Talaromyces* sp. fase teleomórfica de *Penicillium* foi isolado apenas de mangue não impactado. Este gênero apresentou pequena frequência (1,45%, 5 isolados) no manguezal do estado de São Paulo, sendo isolado apenas do mangue não impactado (2,35% de abundância) (SEBASTIANES et al., 2013).

6.3.4.1.2 Gêneros com frequências medianas de manguezais da Ilha de Santa Catarina

Os gêneros que possuíram uma frequência e número de isolados medianos da população fúngica avaliada foram: *Cladosporium* (7,60%, 20 isolados), *Bjerkandera* (6,84%, 18 isolados), *Aspergillus* (6,46, 17 isolados), *Epicoccum/Glonium* (6,08%, 16 isolados), *Phyllosticta* (5,32%, 14 isolados) e *Curvularia* (3,80%, 10 isolados) (Figura 21 e Apêndice C). *Cladosporium*, *Bjerkandera*, *Aspergillus*, *Phyllosticta* e *Curvularia* foram isolados nos dois mangues (Figura 18.1). Entretanto, os gêneros *Aspergillus*, *Curvularia* e *Phyllosticta* foram mais frequentes em mangue impactado (Tabela 7). *Bjerkandera* (1,39%, 1 isolado) e *Cladosporium* (5,56 %, 4 isolados) foram poucos frequentes em manguezais impactados (Figura 22 e Apêndice C).

O fungo ascomiceto *Epicoccum* só foi isolado de plantas de mangue não impactado, sugerindo que sua ausência na área impactada (manguezal do Itacorubi), possa ser devido a ação antrópica (Figura 22 e Apêndice C). Estes resultados sugerem uma possível perda de biodiversidade decorrente da poluição. Parece que este gênero é relativamente raro em manguezais brasileiros, visto que em estudo realizado em mangue impactado e não impactado do município de Bertioga, no estado de São Paulo, não houve isolamento deste fungo. Contudo, este fungo foi isolado em áreas preservadas do mangue no município de Cananéia-SP (SEBASTIANES et al., 2013).

Os ascomicetos dos gêneros *Aspergillus*, *Curvularia*, *Epicoccum* e *Phyllosticta* já foram isolados de plantas de manguezais brasileiros, asiáticos e africanos (Anexo A)

(CHAEPRASERT et al., 2010; COSTA et al., 2012; SEBASTIANES et al., 2013; HANDAYANI et al., 2017; LI et al., 2017; AKINDUYITE; ARIOLE, 2018; HAMZAH et al., 2018). Entretanto, o ascomiceto *Cladosporium* sp. ainda não tinha sido relatado como fungo endofítico de plantas de mangue brasileiro, apenas em mangues asiáticos (Anexo A). (CHAEPRASERT et al., 2010; BIN et al., 2014; AI et al., 2015; HAMZAH et al., 2018; WANG, L. et al., 2018). Além de serem relatados em plantas de mangues, espécies do gênero *Cladosporium* são consideradas potencialmente patogênicas para seres humanos (HOOG et al., 1995, 2000; BATRA et al., 2019). Espécies deste gênero também tem sido isoladas como fungos endofíticos em plantas medicinais (CHEN et al., 2022). Algumas espécies de *Cladosporium* sp. apresentaram atividade antiparasitária e enzimática de interesse biotecnológico (MOMESSO, 2008; TRIVED et al., 2016). Provavelmente o presente estudo é o primeiro que relata *Cladosporium* sp. como fungo endofítico isolado de plantas de manguezais brasileiros.

O basidiomiceto *Bjerkandera* sp. já foi relatado como fungo filamentoso de plantas de mangue catarinense, de sedimentos da savana paranaense e como fungo endofítico de plantas medicinais (TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2009; SANTOS et al., 2020). Este gênero já apresentou atividades imunomoduladoras e antibacterianas (SHAMTSYAN et al., 2005; CHIKWEM et al., 2020).

6.3.4.1.3 Gêneros menos frequentes de manguezais da Ilha de Santa Catarina

Os gêneros que apresentaram uma menor frequência e um menor número de isolados da população fúngica avaliada foram: *Arthrimum* (2,28%, 6 isolados), *Diaporthe/ Phomopsis* sp. (1,52%, 4 isolados), *Pseudogymnoascus* sp. (1,14%, 3 isolados), *Venturia* like (1,14%, 3 isolados), *Stemphylium* sp. (0,76%, 2 isolados), da família Xylariaceae (0,76%, 2 isolados), *Buergenerula* (identificado a nível de espécie como *Buergenerula spartinae*) (0,38%, 1 isolado), *Neofusicoccum* sp. (identificado a nível de espécie como *Neofusicoccum parvum*) (0,38%, 1 isolado), *Phlebia* sp. (0,38%, 1 isolado) e *Scopulariopsis* sp. (0,38%, 1 isolado) (Figura 21 e Apêndice C). O gênero fúngico *Pseudogymnoascus* foi isolado dos dois manguezais em estudo em percentuais de 2,78%, 2 isolados e 0,52%, 1 isolado, de plantas do mangue impactado e não impactado, respectivamente (Figura 22 e Apêndice C).

Já, *Diaporthe/ Phomopsis* sp. apresentou 3 isolados (1,57%,) em plantas de mangue não impactado comparado ao mangue impactado (1,39, 1 isolado) (Figura 22 e Apêndice C).

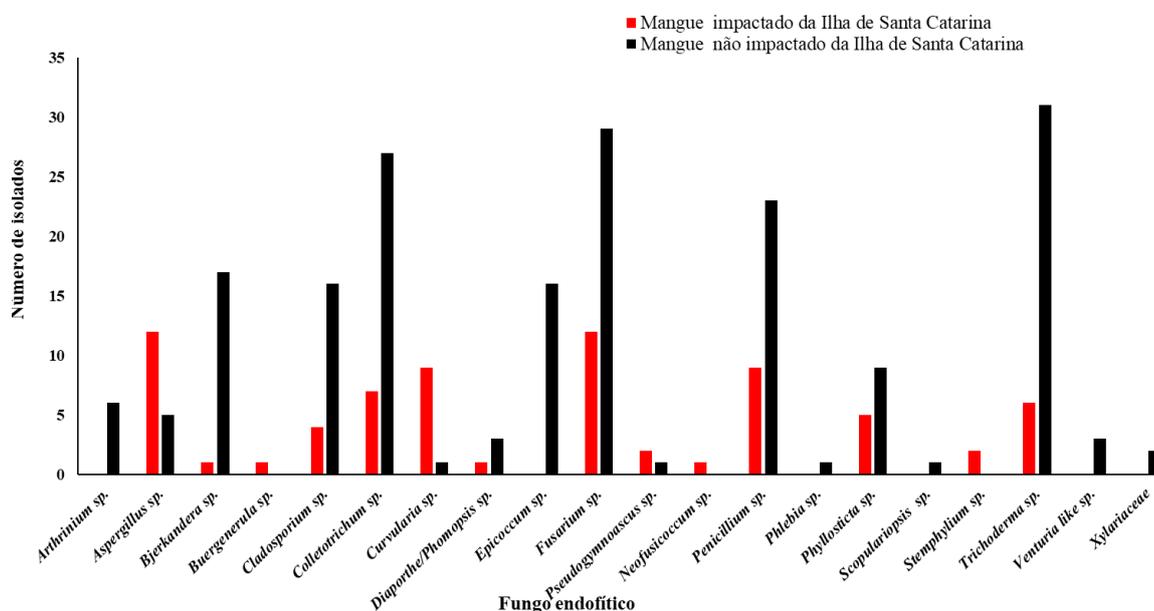
Este gênero foi isolado de plantas de mangue em Bertioga do estado de São Paulo, como o gênero mais frequente e com maior frequência em mangues não impactados (28,24%, 24 isolados) em comparação a mangues impactados (18,18%, 16 isolados) (SEBASTIANES et al., 2013).

Os gêneros *Buergenerula*, *Neofusicoccum* e *Stemphylium* foram fungos endofíticos provenientes apenas de áreas de mangue impactadas pela ação antrópica. Entretanto, no manguezal Itacorubi, os gêneros *Arthrinium*, *Diaporthe/Phomopsis*, *Scopulariopsis*, *Venturia*, e Xylariaceae, não foram isolados de nenhuma planta (Figura 22 e Apêndice C).

Espécies de *Neofusicoccum*, *Diaporthe/Phomopsis*, *Scopulariopsis* e da família Xylariaceae já foram isolados como fungos endofíticos de mangues brasileiros e asiáticos (Anexo A) (COSTA et al., 2012; SEBASTIANES et al., 2013; LI et al., 2016; YU et al., 2016; LOU et al., 2018). O gênero *Stemphylium* já foi relatado como fungo endofítico de manguezais chineses (Anexo A) (ZHOU et al., 2014; MOUSSA et al., 2018) e os outros gêneros *Buergenerula*, *Arthrinium*, *Pseudogymnoascus* e *Venturia* ainda não tinham sido ainda relatados como endofíticos de plantas de mangue. Portanto, este estudo é o primeiro trabalho que relata a ocorrência de fungos endofíticos pertencentes a esses gêneros em plantas endêmicas de manguezais.

Apesar desses gêneros ainda não terem sido relatados como fungos endofíticos de plantas de mangue, há relatos desses gêneros como endofíticos associados a outras espécies de plantas. *Buergenerula spartinae*, já foi relatada como fungo patogênico e fungo endofítico da gramínea do pântano *S. alterniflora* (KOHLMEYER; GESSNER, 1976; GHIMIRE et al., 2011). *Arthrinium* sp. têm sido isolado como endófito de algas marinhas (JORDÃO, 2020) e de plantas medicinais (PANSANIT; PRIPDEEVECH, 2018). *Pseudogymnoascus* é um gênero de fungo geralmente encontrado no solo e matéria em decomposição de ambientes frios e úmidos (TAYLOR; SINSABAUGH; 2014; FARINA; LANKTON, 2018). Porém, já foi relatado como fungo endofítico isolado de espécies de plantas tropicais e temperadas (ROSA et al., 2010; NA et al., 2016).

Figura 22. Número de isolados de gêneros de fungos endofíticos por cada local de isolamento (mangue impactado e não impactado).



Fonte: Autora (2022).

6.3.4.2 Índice de frequência e número de isolados da comunidade fúngica de *A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle* e *S. alterniflora* isolados de manguezais da Ilha de Santa Catarina

Dos 263 fungos endofíticos avaliados quanto a diversidade, 106 (40,30%), 86 (32,7%), 26 (9,89%) e 45 (17,11%) isolados foram obtidos de *A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle* e *S. alterniflora*, respectivamente. Os gêneros de fungos mais frequentes relatados anteriormente neste trabalho (*Fusarium*, *Trichoderma*, *Colletotrichum* e *Penicillium*) foram isolados das quatro plantas estudadas. Além disso, *Cladosporium* sp. também foi encontrado nestes hospedeiros (Figura 23 , Apêndice D). A frequência dos gêneros de fungos endofíticos de *A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle* e *S. alterniflora* está representada no Apêndice D.

Dos 20 gêneros fúngicos endofíticos identificados no presente estudo, 19 foram isolados de *A. schaueriana*. O único gênero não observado nesta planta foi o *Buergenerula*. Os gêneros mais frequentes de *A. schaueriana* foram: *Fusarium* (16,04%, 17 isolados),

Trichoderma (17,92%, 19 isolados) e *Colletotrichum* (14,15%, 15 isolados) (Figura 23 , Apêndice D). *Arthrinium*, *Pseudogymnoascus*, *Neofusicoccum parvum*, *Phlebia*, *Scopulariopsis* e *Stemphylium* sp. foram apenas isolados desta planta (Figura 23 , Apêndice D). Em contrapartida o gênero *Neofusicoccum* já foi isolado de *A. schaueriana*, *L. mangle* e *R. mangle* de mangue brasileiro (SEBASTIANES et al., 2013). Li et al. (2016) isolaram o fungo *Neofusicoccum parvum*, de plantas de mangue na China (*Aegiceras corniculatum* e *Bruguiera gymnorrhiza*) (Anexo A) (LI et al., 2016). *Stemphylium* sp. foi isolado de uma espécie distinta de *Avicennia* (*A. marina*) (MOUSSA et al., 2018) (Anexo A).

Da planta *L. racemosa* foram isolados 13 gêneros de fungos endofíticos, dos quais, os mais frequentes foram: *Fusarium* (17,44%, 15 isolados), *Epicoccum/Glonium* (15,12%, 15 isolados), *Colletotrichum* (13,95%, 12 isolados), *Penicillium* (12,79%, 11 isolados) e *Aspergillus* (11,63%, 10 isolados). Apenas *Buergenerula spartinae* foi obtido de *L. racemosa* (Figura 23 , Apêndice D). Outro estudo isolou *Buergenerula spartinae* como fitopatógeno da espécie *S. alterniflora*. Entretanto, neste estudo, a espécie *S. alterniflora*, coletada de manguezal da Ilha de Santa Catarina, não apresentou em seus tecidos, o fungo endofítico *Buergenerula spartinae* (KOHLMAYER; GESSNER, 1976). O gênero *Venturia* sp. não foi encontrado em *L. racemosa* (Figura 23 , Apêndice D).

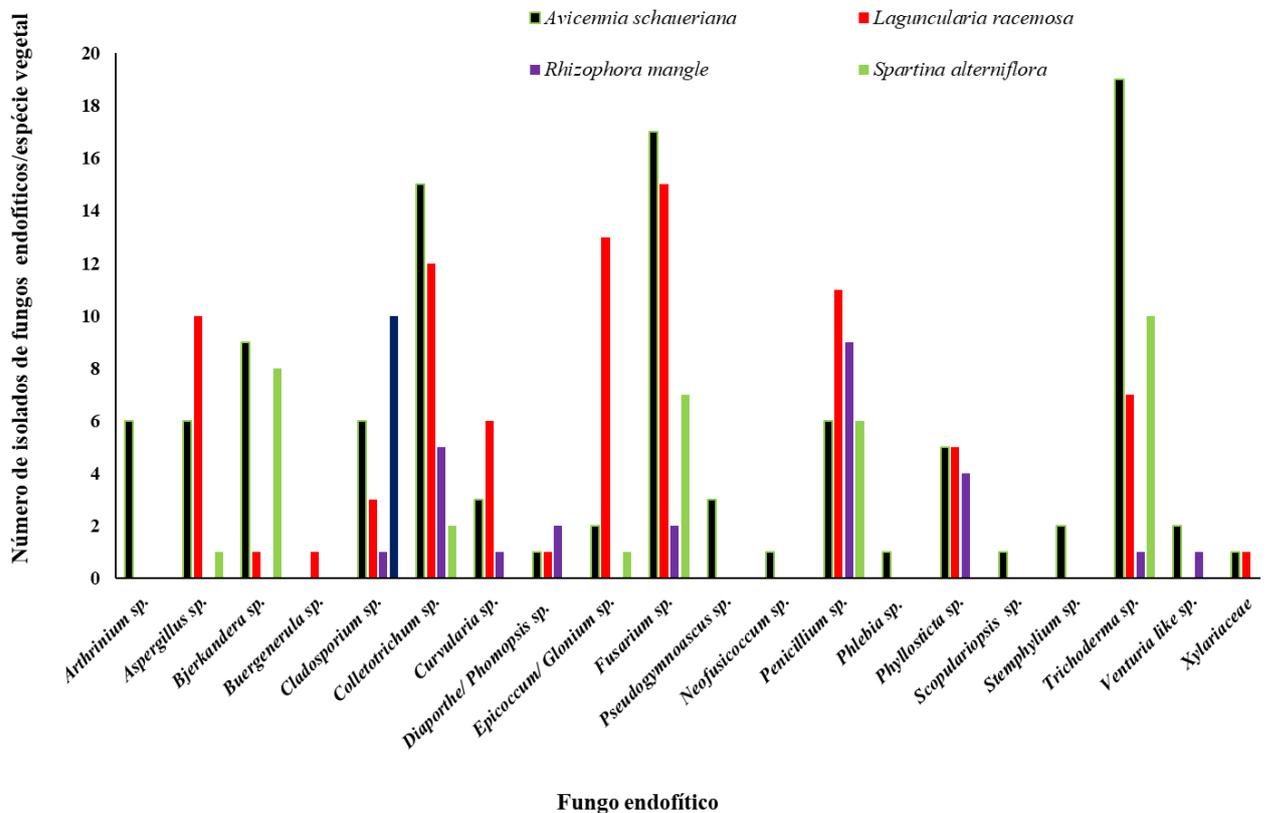
R. mangle permitiu o isolamento de 9 gêneros de fungos endofíticos, dos quais, os mais frequentes também foram os mesmos com abundância maior de *L. racemosa* (Apêndice D). Nenhum gênero foi obtido unicamente de *R. mangle* e *S. alterniflora*. A gramínea *S. alterniflora* apresentou maior frequência de isolados de *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Bjerkandera*, *Fusarium* e *Penicillium* (Apêndice D).

Aspergillus, *Bjerkandera*, *Epicoccum/ Glonium* sp. foram isolados apenas de *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *S. alterniflora*. Com relação aos morfogrupos isolados, o *Aspergillus* sp1 e *Aspergillus* sp4 identificados ambos como pertencentes a seção *Aspergillus* Flavi, não foi isolado de *L. racemosa*. *Aspergillus oryzae* pertencente à seção *Aspergillus* Flavi foi isolado de *L. racemosa* em estudo realizado no litoral de São Paulo (SEBASTIANES et al., 2013). O fungo da seção *Aspergillus* Versicolor (*Aspergillus* sp2, sp5 e sp6) não foi isolado de *S. alterniflora*, em que o único isolado pertence a este hospedeiro foi o *Aspergillus* da seção Flavi. *Aspergillus* da seção *niger* foi isolado apenas de *L. racemosa*. Uma espécie do fungo endofítico *Aspergillus* da seção *Niger* já foi isolado da planta *A. nitida* proveniente de mangue brasileiro em 2019 (MAIA, 2019).

A espécie identificada como *Epicoccum sorghinum* (morfogruppo *Epicoccum* sp3.) foi isolado apenas de *S. alterniflora*. O morfogruppo *Epicoccum* sp1. foi isolado de *A. schaueriana* e *L. racemosa* e os outros dois morfogruppos *Epicoccum* sp2. e *Epicoccum* sp4. foram isolados apenas de *L. racemosa*. Em outros estudos, a espécie *Epicoccum nigrum* foi a única obtida e identificada a nível de espécie, isolado de *R. mangle* de mangue brasileiro (Anexo A) (SEBASTIANES et al., 2013) e o gênero *Epicoccum* foi isolado de *A. africana* de mangue (Anexo A) (AKINDUYITE; ARIOLE, 2018).

Curvularia, *Diaporthe/Phomopsis*, *Phyllosticta* colonizaram endofiticamente apenas *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*. O isolado identificado como do complexo *Fusarium incarnatum-equiseti* e do gênero *Venturia* só foi isolado de *A. schaueriana* e *S. alterniflora*. No presente estudo, isolados identificados como pertencentes a família Xylariaceae foram obtidos apenas de *A. schaueriana* e *L. racemosa*. Entretanto, estudos de outros autores mostraram a presença de fungos da família Xylariaceae em *R. mangle* (SEBASTIANES et al., 2013), *R. mucronata* e *Acanthus ilicifolius* (HAMZAH et al., 2018; CHI et al., 2019).

Figura 23. Número de isolados de fungos endofíticos por cada espécie de planta.



Fonte: Autora (2022).

6.3.4.3 Índice de frequência e número de isolados fúngicos de folha, caule e raiz a partir de plantas de manguezais catarinenses

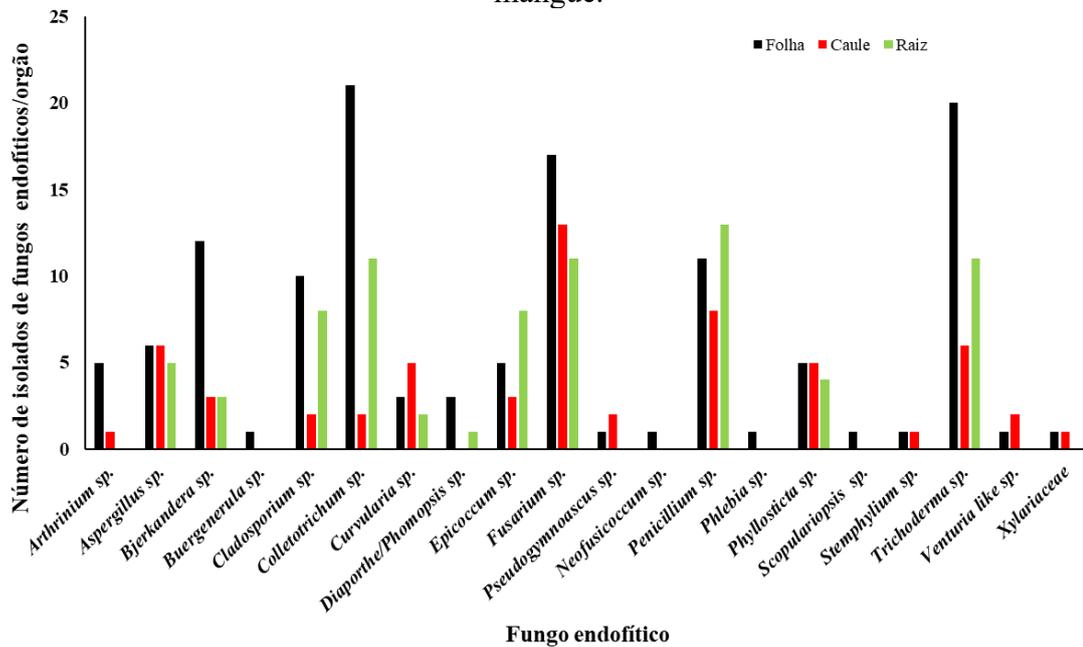
Dos 263 fungos endófitos avaliados quanto a diversidade, 126 (47,91%), 60 (22,81%) e 77 (29,28%) isolados foram obtidos de folhas, caules e raízes, respectivamente. A frequência dos gêneros de fungos endofíticos dessas partes da plantas vegetais está representada no Apêndice E.

Dos 20 gêneros endofíticos identificados, 20, 15 e 11 foram obtidos de folha, caule e raiz, respectivamente. Dos 20 gêneros de fungos endofíticos identificados e isolados da parte foliar da planta, no presente estudo, predominou-se como mais frequentes, os gêneros *Colletotrichum* (16,67%, 21 isolados), *Fusarium* (13,49%, 17 isolados) e *Trichoderma* (15,87%, 20 isolados). Estes resultados sugerem que a parte foliar da planta parece ser mais frequentemente colonizado pelos fungos endofíticos. Os gêneros *Buergenerula*,

Neofusicoccum, *Phlebia* e *Scopulariopsis* foram isolados apenas de folhas de diferentes espécies de plantas de mangue. Por outro lado, os gêneros *Aspergillus*, *Bjerkandera*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Curvularia*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Phyllosticta* e *Trichoderma* foram encontrados nas três partes das plantas analisadas (Figura 24 e Apêndice E).

Os gêneros *Arthrinium*, *Pseudogymnoascus* sp. *Stemphylium*, *Venturia* like e os representantes da família Xylariaceae foram isolados da parte foliar e do caule vegetal. . O gênero *Stemphylium* foi obtido em outro estudo apenas de folha de *Burquieria sexangula* var. *rhynchopetala* e *Avicennia marina* de mangue asiático e africano, respectivamente (Anexo A) (ZHOU et al., 2014; MOUSSA et al., 2018), sendo esse trabalho o primeiro a relatar o isolamento deste fungo a partir de caule de *A. schaueriana* no manguezal Itacorubi. Entretanto, este fungo já foi isolado como endófito de caule de plantas medicinais (DEBBAB et al., 2009; MIRJALILI et al., 2012; TEITEN et al., 2013). Fungos do gênero Xylariaceae têm sido encontrados em folha e caule de *A. schaueriana*, *L. racemosa*, *Rhizophora mucronata* e *Acanthus ilicifolius* presentes em mangues brasileiros e asiáticos (SEBASTIANES et al.; 2013; HAMZAH et al., 2018; CHI et al. (2019). *Diaporthe/Phomopsis* foi isolado apenas de folha de *A. schaueriana* e *L. racemosa* e raiz de *R. racemosa* (Figura 38). Outro estudo, *Diaporthe* sp. foi isolado de caule e folha de *A. schaueriana*, *R. mangle* e *L. racemosa* de mangue brasileiro (SEBASTIANES et al., 2013). As partes das plantas coletadas nos manguezais (caules e raízes) não isolaram gêneros de fungos provenientes apenas desses locais (Figura 24).

Figura 24. Número de isolados de fungos endofíticos por cada folha, caule e raiz de plantas de mangue.



Fonte: Autor (2022).

6.3.4.4 Índice de frequência de isolamento de fungos endofíticos de plantas de mangue catarinense em diferentes meios de cultura!!!!

Dos 263 fungos endófitos avaliados quanto a diversidade, 98 (37,26%), 72 (27,38%), 46 (17,49%) e 47 (17,88%) isolados foram obtidos dos meios de cultura 1, 2, 3 e 4, respectivamente. A frequência de gêneros de fungos endofíticos isolados nestes meios de culturas está representada no Apêndice F

Os resultados mostraram uma maior frequência de isolados no meio 1 (meio BDA comum), seguido do meio 2, 3 e 4. O meio BDA convencional se mostrou mais eficiente para o isolamento de fungos endófitos (Apêndice F).

Dos 20 gêneros endofíticos identificados, 18, 14, 13 e 14 foram obtidos dos meios de culturas 1, 2, 3 e 4, respectivamente. *Aspergillus*, *Bjerkandera*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Curvularia*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Phyllosticta* e *Trichoderma* foram isolados nos quatro meios de cultura (Figura 25).

O meio 1 (BDA convencional) mostrou frequência maior número de isolados fúngicos: *Fusarium* (17,35%, 17 isolados), *Penicillium* (15,31%, 15 isolados), *Trichoderma* (11,22%, 11

isolados) e *Colletotrichum* (11,22%, 11 isolados). *Buergenerula* e *Scopulariopsis* foram os únicos não obtidos nesse meio (Apêndice F e Figura 25).

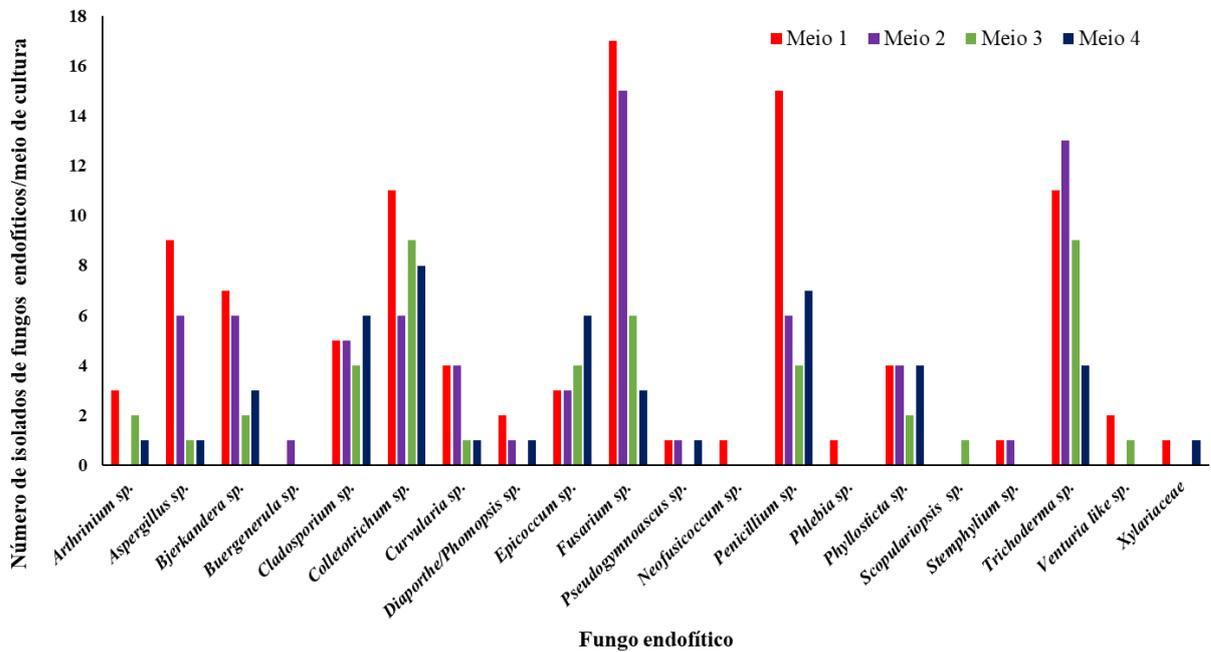
O meio 2 (BDA+ 70% de água do mar) mostrou frequência maior dos fungos: *Fusarium* (20,83%, 20 isolados) e *Trichoderma* (18,06%, 13 isolados). Esse meio não possibilitou o crescimento dos gêneros: *Arthrinium*, *Neofusicoccum*, *Phlebia*, *Scopulariopsis*, *Venturia* like e Xylariaceae (Apêndice F e Figura 25).

O meio 3 (Ágar Sabouraud convencional) apresentou frequência maior dos fungos: *Colletotrichum* (19,57%, 9 isolados), *Trichoderma* (19,57%, 9 isolados) e *Fusarium* (13,04, % 6 isolados). Esse meio não possibilitou o crescimento dos gêneros: *Buergenerula*, *Diaporthe/Phomopsis*, *Pseudogymnoascus*, *Neofusicoccum*, *Phlebia*, *Stemphylium* e Xylariaceae (Apêndice F e Figura 25).

O meio 4 (Ágar Sabouraud 70% de água do mar) apresentou frequência maior dos fungos: *Colletotrichum* (17,02%, 8 isolados), *Penicillium* (14,89%, 7 isolados), *Epicoccum* (12,77%, 6 isolados) e *Cladosporium* (12,77%, 6 isolados). Esse meio não possibilitou o crescimento dos gêneros: *Buergenerula*, *Neofusicoccum*, *Phlebia*, *Scopulariopsis*, *Stemphylium* e *Venturia* like (Apêndice F e Figura 25).

Neofusicoccum e *Phlebia* foram os únicos gêneros fungicos isolados no meio 1 (BDA convencional), *Buergenerula* foi o único gênero fúngico obtido no meio 2 (BDA+ 70% de água do mar), *Scopulariopsis* foi isolado apenas no meio 3 (Agar Sabouraud comum) e nenhum gênero foi obtido apenas no meio 4 (Agar Sabouraud 70% de água do mar) (Figura 25).

Figura 25. Número de isolados de fungos endofíticos em cada meio de cultura (1, 2, 3 e 4).



Fonte: Autor (2022).

6.3.4.5 Índice de diversidade

Os resultados da diversidade de gêneros de fungos endofíticos para os fatores de variação parte da planta (folha, caule e raiz), local de isolamento (Itacorubi/local impactado e Ratoões/local não impactado), espécie (*A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle*, e *S. alterniflora*) e meio de cultura (1, 2, 3 e 4) realizado a partir do índice de Shannon (H'), estão listados na Tabela 4.

Tabela 4. Diversidade de gêneros de fungos endofíticos para os fatores de variação: partes das plantas (folha, caule e raiz), local de isolamento (Itacorubi/local impactado e Ratonés/local não impactado), espécie (*A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle*, e *S. alterniflora*) e meio de cultura (1, 2, 3 e 4), realizado a partir do índice de Shannon (H').

Diversidade	Fatores de variação	Resultados	
Índice de Shannon (H')	Local de isolamento	Mangue impactado	2,33
		Mangue não impactado	2,38
	Espécie	<i>A. schaueriana</i>	2,53
		<i>L. racemosa</i>	2,26
		<i>R. mangle</i>	1,87
		<i>S. alterniflora</i>	1,84
	Parte da planta	Folha	2,51
		Caule	2,43
		Raiz	2,21
	Meio de cultura	1	2,51
		2	2,34
		3	2,28
4		2,37	

Fonte: Autor (2022).

Os resultados mostraram que para o fator de variação (local de isolamento), o manguezal não impactado, além de apresentar uma maior frequência fúngica e maior número de isolados, apresentou uma maior diversidade ($H' = 2,38$) de gêneros de fungos endofíticos em comparação ao mangue impactado ($H' = 2,33$) (Tabela 4). Os índices de diversidade apresentaram valores muito próximos, o que pode estar relacionado com a proximidade do número de gêneros associados ao mangue impactado (14) e não impactado (17). Para este fator de variação também foram calculados o índice de dominância dos gêneros e índice de similaridade, realizados a partir dos índices de Simpson (1-D) e o índice de Bray-Curtis, respectivamente.

Os resultados mostraram que o mangue impactado apresentou uma dominância de gêneros de menor ($1-D = 0,8866$) em comparação ao mangue não impactado ($1-D = 0,8896$). Portanto, o mangue não impactado foi considerada uma amostra menos diversa pois obteve uma maior dominância de gêneros. Quanto ao índice de Bray-Curtis, os resultados mostraram que houve uma similaridade de 87% de gêneros de fungos endofíticos em ambos os mangues de estudo.

Com relação à diversidade entre as espécies de plantas de mangue, os resultados mostraram que *A. schaueriana* apresentou um maior índice de diversidade ($H' = 2,53$) (Tabela 4). de gêneros (19 gêneros) de fungos endofíticos, em comparação as outras espécies vegetais. A espécie de mangue *L. racemosa* que apresentou um maior número de isolados (140 isolados) e a segunda maior frequência fúngica calculadas anteriormente, foi a segunda espécie que obteve maior diversidade ($H' = 2,26$) (Tabela 4). de gêneros (13 gêneros) de fungos endofíticos isolados. Isto está relacionado com a comunidade avaliada de *L. racemosa* quanto à esse índice de diversidade, que foi reduzida para seu cálculo por apresentarem uma quantidade relativa de fungos não identificados.

A diversidade de fungos endofíticos das espécies *R. mangle* ($H' = 1,87$) e *S. alterniflora* ($H' = 1,84$) mostraram índice de diversidade menores e similares (Tabela 4). Em contradição, a frequência fúngica de *S. alterniflora* apresentou maior frequência fúngica entre todas as plantas e apresentou frequência fúngica significativamente diferente de *R. mangle* (Tabela 4).

Com relação à diversidade entre as partes das espécies de plantas de mangue, a diversidade de fungos isolados de folhas além de apresentar uma maior frequência endofítica, apresentou um maior índice de diversidade ($H' = 2,51$, seguido de caules ($H' = 2,43$) e raízes ($H' = 2,21$) (Tabela 4). Os índices de diversidade das partes das espécies de plantas de mangue apresentaram valores muito próximos, o que pode estar relacionado com a proximidade do número de gêneros isolados nas folhas (20), caules (15) e raízes (15).

A diversidade de fungos endofíticos dos meios de cultura utilizados neste trabalho, mostrou que o meio de cultura 1 (BDA comum), além de apresentar uma maior frequência de gêneros fúngicos, apresentou um maior índice de diversidade fúngica ($H' = 2,51$) (Tabela 4). Todos os valores dos índices de diversidade apresentaram uma proximidade, devido à proximidade do número de gêneros isolados de cada meio (18 = Meio 1, 14 = Meio 2, 13 = Meio 3 e 14 = Meio 4).

7. CONCLUSÃO

As plantas de dois manguezais (impactados e não impactado) avaliados neste estudo são colonizados por uma diversa comunidade de fungos endofíticos pertencentes a pelo menos quatro classes taxonômicas e 20 diferentes gêneros comuns a diferentes hospedeiros de mangue. Diferenças estatísticas na frequência fúngica endofítica entre os dois locais estudados, entre as espécies de plantas, partes das plantas e meios de culturas foram observadas. Uma diversidade fúngica maior obtida de plantas de mangue não impactado por ação antrópica sugere a importância da preservação desse ecossistema que, conseqüentemente, estará preservando a diversidade e comunidade fúngica presente. Os meios de cultura utilizados para crescimento fungico possibilitaram o isolamento de diferentes gêneros de fungos endofíticos. A partir dos isolados fúngicos endofíticos de plantas de mangue da Ilha de Santa Catarina foi estabelecida a primeira coleção de linhagens de fungos endofíticos de plantas de mangue da Ilha de Santa Catarina, que poderá ser utilizada para bioprospeção de novas moléculas de interesse biotecnológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-AZEEM, A. M. et al. Biodiversity of the genus *Aspergillus* in different habitats. In: **New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering**. Elsevier, 2016. p. 3-28.
- ADNAN, Muhammad et al. Plant defense against fungal pathogens by antagonistic fungi with *Trichoderma* in focus. **Microbial pathogenesis**, v. 129, p. 7-18, 2019.
- AGUIAR L. Princípios básicos da Criomicrobiologia; Enfoque nos tipos de micro-organismos e nos principais agentes crioprotetores. *Acta Veterinária Brasilica*, v.6, n.2, p. 30-91, 2012.
- AI, Wen et al. Cladosporone A, a new dimeric tetralone from fungus *Cladosporium* sp. KcFL6' derived of mangrove plant *Kandelia candel*. **The Journal of Antibiotics**, v. 68, n. 3, p. 213-215, 2015.
- AKINDUYITE, A. E.; ARIOLE, C. N. Bioactive compounds and antibacterial activity of endophytic fungi isolated from Black Mangrove (*Avicennia africana*) leaves. **Nigerian Journal of Biotechnology**, v. 35, n. 2, p. 35-42, 2018.
- ALONGI, Daniel M. Bacterial productivity and microbial biomass in tropical mangrove sediments. **Microbial ecology**, v. 15, n. 1, p. 59-79, 1988.
- AMEEN, Fuad et al. Biodegradation of diesel fuel hydrocarbons by mangrove fungi from Red Sea Coast of Saudi Arabia. **Saudi journal of biological sciences**, v. 23, n. 2, p. 211-218, 2016.
- ANANDA, K; SRIDHAR, K R. Diversity of endophytic fungi in the roots of mangrove species on the west coast of India. *Canadian Journal of Microbiology*, 48(10), pg. 871–878, 2002. doi:10.1139/w02-080.
- AN, Chun-Yan et al. 4-Phenyl-3, 4-dihydroquinolone derivatives from *Aspergillus nidulans* MA-143, an endophytic fungus isolated from the mangrove plant *Rhizophora stylosa*. **Journal of Natural Products**, v. 76, n. 10, p. 1896-1901, 2013.
- ANTHONY, Edward J. Assessment of peri-urban coastal protection options in Paramaribo-Wanica, Suriname. **WWF Guianas, Paramaribo, Suriname**, 2016.
- ARORA, Divya et al. Isolation and characterization of bioactive metabolites from *Xylaria psidii*, an endophytic fungus of the medicinal plant *Aegle marmelos* and their role in mitochondrial dependent apoptosis against pancreatic cancer cells. **Phytomedicine**, v. 23, n. 12, p. 1312-1320, 2016.
- ASSUNÇÃO, Máira Algarve et al. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments collected from mangroves with different levels of urbanization in southern Brazil. **Marine pollution bulletin**, v. 119, n. 1, p. 439-445, 2017.
- AYOUBI, Najmeh et al. Morphological and molecular identification of pathogenic *Fusarium* spp. on strawberry in Iran. **Sydowia**, v. 68, p. 163-171, 2016.
- BACON, Charles W.; WHITE, James F. Functions, mechanisms and regulation of endophytic and epiphytic microbial communities of plants. **Symbiosis**, v. 68, n. 1, p. 87-98, 2016.

- BAI, Zhi-Qiang et al. New phenyl derivatives from endophytic fungus *Aspergillus flavipes* AIL8 derived of mangrove plant *Acanthus ilicifolius*. **Fitoterapia**, v. 95, p. 194-202, 2014.
- BARBIRATO, Juliano, O.; FERREIRA, Natália C.; DOBBSS, Leonardo B. Effect of trace elements accumulation on mangrove ecosystem and their interaction with humic substances: the case of nickel and iron. **Humic Substances**, p. 111, 2021.
- BARBOSA, J. A. P. et al. Gastroprotective effect of ethyl acetate extract from *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman and underlying mechanisms. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 112, p. 108582, 2019.
- BARRETO, M. C. et al. Taxonomic studies of the *Penicillium glabrum* complex and the description of a new species *P. subericola*. **Fungal Diversity**, v. 49, n. 1, p. 23-33, 2011.
- BATRA, N. et al. *Cladosporium sphaerospermum* causing brain abscess, a saprophyte turning pathogen: case and review of published reports. **Journal de Mycologie Médicale**, v. 29, n. 2, p. 180-184, 2019.
- BIASETTO, Carolina Rabal et al. Diketopiperazines and arylethylamides produced by *Schizophyllum commune*, an endophytic fungus in *Alchornea glandulosa*. **Eclética Química**, v. 44, n. 3, p. 36-42, 2019.
- BIN, Gong et al. Isolation, characterization and anti-multiple drug resistant (MDR) bacterial activity of endophytic fungi isolated from the mangrove plant, *Aegiceras corniculatum*. **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 13, n. 4, p. 593-599, 2014.
- BRASIL, Glaucete. **A efetividade da gestão das unidades de conservação na proteção dos sistemas de manguezais da Ilha de Santa Catarina, SC**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFSC. 2017. 136p.
- BYRNE, P.J; JONES, E. B. G. Effect of salinity on the reproduction of terrestrial and marine fungi., 65(2), pg. 0–200, 1975. doi:10.1016/s0007-1536(75)80002-7.
- CADAMURO, Rafael Dorighello et al. Bioactive compounds from mangrove endophytic fungus and their uses for microorganism control. **Journal of fungi**, v. 7, n. 6, p. 455, 2021.
- CAI, Runlin et al. New benzofuranoids and phenylpropanoids from the mangrove endophytic fungus, *Aspergillus* sp. ZJ-68. **Marine drugs**, v. 17, n. 8, p. 478, 2019.
- CAI, Runlin et al. A new α -pyrone from the mangrove endophytic fungus *Phomopsis* sp. HNY29-2B. **Natural Product Research**, v. 31, n. 2, p. 124-130, 2017.
- CAO, Jin et al. New lactone and isocoumarin derivatives from the marine mangrove-derived endophytic fungus *Penicillium coffeae* MA-314. **Phytochemistry Letters**, v. 32, p. 1-5, 2019.
- CALEGARI, Pamela Cunha et al. **Roteiro Ambiental De Ecossistemas Costeiros Da Ilha De Santa Catarina, SC**, Brasil. 2018.
- CAMARGO, Lucia P.; PELLERIN, J. R. G. M.; PANITZ, I. M. N. Caracterização e classificação do manguezal do Rio Ratoões, através de técnicas de sensoriamento remoto e do sistema geográfico de informações (SIG), Ilha de Santa Catarina, Brasil. Ilha de Santa Catarina, Brasil. Anais do X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 1521-1530, 2001.

CARDENAS, L. A. S. Ecosystems of South America. In: **Encyclopedia of Biodiversity** ||, 2013, p.105–117.

CATTANI, André Pereira et al. Fish species richness in shallow environments of the Island of Santa Catarina, Southern Brazil. **Revista CEPSUL-Biodiversidade e Conservação Marinha**, v. 7, p. e20018001-e20018001, 2018.

CHAI, Minwei et al. Growth and physiological responses to copper stress in a halophyte *Spartina alterniflora* (Poaceae). **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 36, n. 3, p. 745-754, 2014.

CHAEPRASERT, Sukanyanee et al. Endophytic fungi from mangrove plant species of Thailand: their antimicrobial and anticancer potentials. *Botanica Marina*, n.53, v.6, p. 555-564, 2010.

CHAKRABORTY V, SENGUPTA S, CHAUDHURI P, et al. Assessment on removal efficiency of chromium by the isolated manglicolous fungi from Indian Sundarban mangrove forest: removal and optimization using response surface methodology. **Environ Technol Innov.** 2018, 10:335–344.

CHAPLA, Vanessa M.; BIASETTO, Carolina R.; ARAUJO, Angela R. Fungos endofíticos: uma fonte inexplorada e sustentável de novos e bioativos produtos naturais. **Revista Virtual de química**, p. 421-437, 2013.

CHATTERJEE, Ankita; ABRAHAM, Jayanthi. Mangrove endophytes: a rich source of bioactive substances. In: **Biotechnological Utilization of Mangrove Resources**. Academic Press, 2020. p. 27-47.

CHEN, Chun-Mei et al. Diversified polyketides and nitrogenous compounds from the mangrove endophytic fungus *Penicillium steckii* SCSIO 41025. **Chinese Journal of Chemistry**, v. 39, n. 8, p. 2132-2140, 2021.

CHEN, Haimin et al. Endophytic fungus *Cladosporium tenuissimum* DF11, an efficient inducer of tanshinone biosynthesis in *Salvia miltiorrhiza* roots. **Phytochemistry**, v. 194, p. 113021, 2022.

CHEN, Quan et al. Mangrove succession enriches the sediment microbial community in South China. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2016.

CHEN, Q. et al. Resolving the Phoma enigma. **Studies in mycology**, v. 82, p. 137-217, 2015.

CHEN, Senhua et al. Lasiodiplactone A, a novel lactone from the mangrove endophytic fungus *Lasiodiplodia theobromae* ZJ-HQ1. **Organic & Biomolecular Chemistry**, v. 15, n. 30, p. 6338-6341, 2017.

CHEN, Yan et al. Dichloroisocoumarins with potential anti-inflammatory activity from the mangrove endophytic fungus Ascomycota sp. CYSK-4. **Marine drugs**, v. 16, n. 2, p. 54, 2018.

CHENG, Zhong-shan et al. Identification of mangrove endophytic fungus 1403 (*Fusarium proliferatum*) based on morphological and molecular evidence. **Journal of Forestry Research**, v. 19, n. 3, p. 219-224, 2008.

- CHENG, Zhong-shan et al. Biodiversity and biotechnological potential of mangrove-associated fungi. **Journal of forestry Research**, v. 20, n. 1, p. 63-72, 2009.
- CHI, Wei-Chiung et al. Antimicrobial and iNOS inhibitory activities of the endophytic fungi isolated from the mangrove plant *Acanthus ilicifolius* var. xiamenensis. **Botanical studies**, v. 60, n. 1, p. 1-8, 2019.
- CHIKWEM, John et al. Antimicrobial Potential of *Trichaptum bifforme* and *Bjerkandera adusta* from Pennsylvania, USA. **emergence**, v. 11, n. 16, 2020.
- CHOW, Jeffrey. Mangrove management for climate change adaptation and sustainable development in coastal zones. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 37, n. 2, p. 139-156, 2018.
- COGNI, Rodrigo; FREITAS, André VL; OLIVEIRA, Paulo S. Interhabitat differences in ant activity on plant foliage: ants at extrafloral nectaries of *Hibiscus pernambucensis* in sandy and mangrove forests. **Entomologia experimentalis et applicata**, v. 107, n. 2, p. 125-131, 2003.
- CORREIA, E. C. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas objeto de autuações administrativas na estação ecológica de Carijós e entorno**. Dissertação. Programa de Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais. Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. 161p.
- COSTA, Isabella PM; MAIA, Leonor Costa; CAVALCANTI, Maria Auxiliadora. Diversity of leaf endophytic fungi in mangrove plants of northeast Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 1165-1173, 2012.
- COUTINHO, Leopoldo. **Biomass brasileiros**. Oficina de Textos, 2016.
- CUI, Hui et al. New pyranonaphthazarin and 2-naphthoic acid derivatives from the mangrove endophytic fungus *Leptosphaerulina* sp. SKS032. **Phytochemistry Letters**, v. 20, p. 214-217, 2017.
- CUI, Hui et al. 3-Arylisoinindolinone and sesquiterpene derivatives from the mangrove endophytic fungi *Aspergillus versicolor* SYSU-SKS025. **Fitoterapia**, v. 124, p. 177-181, 2018.
- CUNHA, R. P. da. **Influência dos líquidos percolados do aterro de lixo da cidade de Florianópolis-SC. Brasil, no desenvolvimento de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechmann. ex Moldenke**. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal, UFSC. 2003.
- DALPRA, C. COLLAZZI, R.C., REBOLLAR, N.A.P. Mapeamento da cobertura vegetal do município de Florianópolis com imagens CBERS 4. **Anais do COBRAC**. Florianópolis –SC. UFSC. 21 - 24 out 2018
- DAS, P. et al. Role of Manglicolous fungi isolated from Indian Sunderban mangrove forest for the treatment of metal containing solution: Batch and optimization using response surface methodology. **Environmental Technology & Innovation**, v. 13, 2019, p. 166-178.
- DAS, Surajit; LYLA, P. S.; KHAN, S. Ajmal. Marine microbial diversity and ecology: importance and future perspectives. **Current science**, p. 1325-1335, 2006.

- DEBBAB, A. et al. Bioactive metabolites from the endophytic fungus *Stemphylium globuliferum* isolated from *Mentha pulegium*. **Journal of natural products**, v. 72, n. 4, p. 626-631, 2009.
- DE LIMA, S.; NADIA, T.; MACHADO, I. Diversidade das síndromes de polinização na família bignoniaceae nos neotrópicos. 64º Congresso Nacional de Botânica Belo Horizonte. 2013.
- DEYOE, Hudson et al. Biological Flora of the Tropical and Subtropical Intertidal Zone: Literature Review for *Rhizophora mangle* L. **Journal of Coastal Research**, v. 36, n. 4, p. 857-884, 2020.
- DEVI, Prabha et al. Isolation and characterization of antibacterial compound from a mangrove-endophytic fungus, *Penicillium chrysogenum* MTCC 5108. **Indian Journal of Microbiology**, v. 52, n. 4, p. 617-623, 2012.
- DIAS, Léo Ruben Lopes et al. Bioprospecção de Microorganismos de Interesse Biotecnológico Isolados em Ecossistema de Manguezal. **Revista de Investigação Biomédica**, v. 9, n. 1, p. 24-30, 2017.
- DING, Bo et al. Bioactive α -pyrone meroterpenoids from mangrove endophytic fungus *Penicillium* sp. **Natural Product Research**, v. 30, n. 24, p. 2805-2812, 2016.
- DU, Xi-Ping; SU, Wen-Jin. Two new polyketides from mangrove endophytic fungus *Dothiorella* sp. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 50, n. 2, p. 214-216, 2014.
- DUARTE, Elizabeth AA et al. Putting the mess in order: *Aspergillus welwitschiae* (and not *A. niger*) is the etiological agent of sisal bole rot disease in Brazil. **Frontiers in microbiology**, v. 9, p. 1227, 2018.
- ESPINOSA, H.C.F.; DE ROSA, M. M. P. T. Evolução Temporal da Cobertura Vegetal do Manguezal do Rio Tavares (Florianópolis-SC) Empregando Técnicas de Sensoriamento Remoto Helia del Carmen Farias Espinoza. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal: INPE, 2009, p. 2705-2712.
- FARINA, Lisa L.; LANKTON, Julia S. Chiroptera. In: **Pathology of Wildlife and Zoo Animals**. Academic Press, 2018. p. 607-633.
- FERREIRA, A. C.; LACERDA, L. D. Degradação e conservação dos manguezais brasileiros, status e perspectivas. **Ocean & Coastal Management**, v. 125, p. 38-46, 2016.
- FIELD, Ralph et al. Jobos Bay Estuarine Profile. **National Oceanic and Atmospheric Administration, Jobos Bay National Estuarine Research Reserve, Aguirre, Puerto Rico**, p. 107, 2003.
- FLEMMING, Hans-Curt; WUERTZ, Stefan. Bacteria and archaea on Earth and their abundance in biofilms. **Nature Reviews Microbiology**, v. 17, n. 4, p. 247-260, 2019.
- FLORES, V. R. et al. *Avicennia schaueriana* as a highly efficient accumulator for Manganese in Sepetiba Bay, Brazil. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 19, n. 7, p. 6863-6868, 2022.
- FRANCISCO, Patrícia M. et al. Genetic diversity and mating system of *Rhizophora mangle* L. (rhizophoraceae) in Northern Brazil revealed by microsatellite analysis. **Cerne**, v. 24, p. 295-302, 2018.

FROEHNER, Sandro et al. Occurrence of sexual hormones in sediments of mangrove in Brazil. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 219, n. 1, p. 591-599, 2011.

GENUÁRIO, Diego B. et al. Cyanobacteria From Brazilian extreme environments: toward functional exploitation. In: **Microbial diversity in the genomic era**. Academic Press, 2019. p. 265-284.

GHIMIRE, Sita R. et al. Biodiversity of fungal endophyte communities inhabiting switchgrass (*Panicum virgatum* L.) growing in the native tallgrass prairie of northern Oklahoma. **Fungal Diversity**, v. 47, n. 1, p. 19-27, 2011.

GIRI, Chandra et al. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, n. 1, p. 154-159, 2011.

GORMAN, Daniel. Historical losses of mangrove systems in South America from human-induced and natural impacts. In: **Threats to Mangrove Forests**. Springer, Cham, 2018. p. 155-171.

GUO, Zhikai et al. Metabolites with insecticidal activity from *Aspergillus fumigatus* JRJ111048 isolated from mangrove plant *Acrostichum speciosum* endemic to Hainan Island. **Marine drugs**, v. 15, n. 12, p. 381, 2017.

GUO, L. D., K. D. HYDE, and E. C. Y. LIEW. Identification of endophytic fungi from *Livistona chinensis* (Palmae) using morphological and molecular techniques. **New Phytologist**, v.147, no. 3, p. 617-630, 2000.

GU, Xin et al. Four new species of *Trichoderma* in the *harzianum* clade from northern China. **MycoKeys**, v. 73, p. 109, 2020.

HAMMERSCHMIDT, Lena et al. Polyketides from the mangrove-derived endophytic fungus *Acremonium strictum*. **Tetrahedron Letters**, v. 55, n. 24, p. 3463-3468, 2014.

HAMZAH, Tuan Noraida Tuan et al. Diversity and characterization of endophytic fungi isolated from the tropical mangrove species, *Rhizophora mucronata*, and identification of potential antagonists against the soil-borne fungus, *Fusarium solani*. **Frontiers in microbiology**, v. 9, p. 1707, 2018.

HANDAYANI, Dian et al. Antibacterial activity of endophytic fungi isolated from mangrove plant *Sonneratia griffithii* Kurz. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 7, p. 209-212, 2017.

HAYIBOR, Kennedy et al. Ghanaian mangrove wetland endophytic fungus, *Penicillium herquei* strain BRS2A-AR produces (9Z, 11E)-13-oxooctadeca-9, 11-dienoic acid with activity against *Trichomonas mobilensis*. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, v. 13, n. 4, p. 1918-1937, 2019.

HE, Ke-Yao et al. New chlorinated xanthone and anthraquinone produced by a mangrove-derived fungus *Penicillium citrinum* HL-5126. **The Journal of Antibiotics**, v. 70, n. 7, p. 823-827, 2017.

HOUBRAKEN, Jos AMP; FRISVAD, Jens C.; SAMSON, Robert A. Taxonomy of *Penicillium citrinum* and related species. **Fungal Diversity**, v. 44, n. 1, p. 117-133, 2010.

- HOLGUIN, Gina; VAZQUEZ, Patricia; BASHAN, Yoav. The role of sediment microorganisms in the productivity, conservation, and rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. **Biology and fertility of soils**, v. 33, n. 4, p. 265-278, 2001., v. 33, n. 4, p. 265-278, 2001.
- HOOG, G. S. et al. Nutritional physiology and taxonomy of human-pathogenic *Cladosporium-Xylohypha* species. **Journal of Medical and Veterinary Mycology**, v. 33, n. 5, p. 339-347, 1995.
- HUANG, Hong-Bo et al. Three dimeric naphtho- γ -pyrones from the mangrove endophytic fungus *Aspergillus tubingensis* isolated from *Pongamia pinnata*. **Planta medica**, v. 76, n. 16, p. 1888-1891, 2010.
- HUANG, Hongbo et al. Azaphilones and p-terphenyls from the mangrove endophytic fungus *Penicillium chermesinum* (ZH4-E2) isolated from the South China Sea. **Journal of natural products**, v. 74, n. 5, p. 997-1002, 2011.
- HUANG, Guo-Lei et al. Dihydroisocoumarins from the mangrove-derived fungus *Penicillium citrinum*. **Marine Drugs**, v. 14, n. 10, p. 177, 2016.
- HUANG, Song et al. Identification and antifungal activity of metabolites from the mangrove fungus *Phoma* sp. L28. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 53, n. 2, p. 237-240, 2017.
- HUBER, Marli Velasques et al. Estudo comparativo de três projetos de restauração de áreas degradadas de manguezais da grande Florianópolis, SC. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, 2004.
- IBRAHIM, Mutiat et al. Extracts of endophytic fungi from leaves of selected Nigerian ethnomedicinal plants exhibited antioxidant activity. **BMC Complementary Medicine and Therapies**, v. 21, n. 1, p. 1-13, 2021.
- ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018.
- IMHOFF, Johannes F. Natural products from marine fungi: Still an underrepresented resource. **Marine drugs**, v. 14, n. 1, p. 19, 2016.
- ING, M. L. et al. Initial screening of mangrove endophytic fungi for antimicrobial compounds and heavy metal biosorption potential (Saringan awal kulat bakau endofit untuk potensi sebatian antimikrob dan biojerapan logam berat). **Sains Malaysiana**, v. 45, n. 7, p. 1063-1071, 2016.
- JIA, Shu-Lei et al. Fungi in mangrove ecosystems and their potential applications. **Critical reviews in biotechnology**, v. 40, n. 6, p. 852-864, 2020.
- JOEL, Elsa Lycias; BHIMBA, B. Valentin. A secondary metabolite with antibacterial activity produced by mangrove foliar fungus *Schizophyllum commune*. **International J of Chem, Environ & Biol Scn**, v. 1, n. 1, p. 2320-4087, 2013.
- JORDÃO, Ana Carolina. **Prospecção química e estudo do potencial fotoprotetor e imunomodulador do fungo endofítico Arthrimum sp. isolado da alga Phaeurus antarcticus**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2020.

- JUNIOR SOUZA, Josué Luiz Marinho et al. Análise dos estoques de carbono no solo sob diferentes coberturas vegetais no Brasil. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 8, n. 1, p. 031-040, 2020.
- KIMURA, Norimi et al. Botany, uses, chemistry and bioactivities of mangrove plants V: *Acrostichum aureum* and *A. speciosum*. **ISME/GLOMIS Electronic Journal**, v. 15, n. 1, p. 1-6, 2017.
- KISS, Noémi et al. New species of the genus *Curvularia*: *C. tamilnaduensis* and *C. coimbatorensis* from fungal keratitis cases in South India. **Pathogens**, v. 9, n. 1, p. 9, 2019.
- KLAIKLAY, Saranyoo et al. Anthraquinone derivatives from the mangrove-derived fungus *Phomopsis* sp. PSU-MA214. **Phytochemistry Letters**, v. 5, n. 4, p. 738-742, 2012.
- KOHLMEYER, Jan; GESSNER, R. V. *Buergenerula spartinae* sp. nov., an Ascomycete from salt marsh cordgrass, *Spartina alterniflora*. **Canadian Journal of Botany**, v. 54, n. 15, p. 1759-1766, 1976.
- KORNİŁŁOWICZ-KOWALSKA, Teresa; RYBCZYŃSKA, Kamila. Decolorization of Remazol Brilliant Blue (RBBR) and Poly R-478 dyes by *Bjerkandera adusta* CCBAS 930. **Open Life Sciences**, v. 7, n. 5, p. 948-956, 2012.
- KOUR A, SHAWL AS, REHMAN S, SULTAN P, QAZI PH, SUDEN P, KHAJURIA RK, VERMA V. Isolation and identification of an endophytic strain of *Fusarium oxysporum* producing podophyllotoxin from *Juniperus recurva*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**. v. 24, n.7, p.1115-21. 2008.
- KRAUSS, Ken W. et al. How mangrove forests adjust to rising sea level. **New Phytologist**, v. 202, n. 1, p. 19-34, 2014.
- KRISTENSEN, Jakob Broberg et al. Antifouling enzymes and the biochemistry of marine settlement. **Biotechnology advances**, v. 26, n. 5, p. 471-481, 2008.
- KRISTIAN, Aaron; OKTORIE, Olivia. Study of Coastal Mangrove Conservation in the World. **Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education**, v. 2, n. 1, p. 49-52, 2018.
- KUSARI S, ZÜHLKE S, SPITELLER M. An endophytic fungus from *Camptotheca acuminata* that produces camptothecin and analogues. **Journal of Natural Products**. v. 23, n.72(1), p.2-7, 2009.
- KUSARI, Souvik; SINGH, Satpal; JAYABASKARAN, Chelliah. Rethinking production of Taxol®(paclitaxel) using endophyte biotechnology. **Trends in biotechnology**, v. 32, n. 6, p. 304-311, 2014.
- LI, Dong-Li et al. Benzaldehyde derivatives from *Eurotium rubrum*, an endophytic fungus derived from the mangrove plant *Hibiscus tiliaceus*. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v. 56, n. 9, p. 1282-1285, 2008.
- LI, Haiyun et al. Asymmetric reduction of acetophenone into R-(+)-1-phenylethanol by endophytic fungus *Neofusicoccum parvum* BYEF07 isolated from *Illicium verum*. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 473, n. 4, p. 874-878, 2016.

- LI, Kunlong et al. Natural products from mangrove sediments-derived microbes: Structural diversity, bioactivities, biosynthesis, and total synthesis. **European Journal of Medicinal Chemistry**, p. 114117, 2022.
- LI, Shangde et al. Two new dihydroisocoumarins from the endophytic fungus *Aspergillus* sp. collected from the South China Sea. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 48, n. 3, p. 371-373, 2012.
- LI, Wensheng et al. Identification and antifungal activity of compounds from the mangrove endophytic fungus *Aspergillus clavatus* R7. **Marine drugs**, v. 15, n. 8, p. 259, 2017.
- LI, F. L. et al. Is *Laguncularia racemosa* more invasive than *Sonneratia apetala* in northern Fujian, China in terms of leaf energetic cost?. **Marine Pollution Bulletin**, v. 152, p. 110897, 2020.
- LINARES-PALOMINO, R.; RAMOS-MÓNZON, M. The mangrove ecosystem in Peru. In: CORNEJO, Xavier. **Plants of the South American Pacific Mangrove swamps:(Colombia, Ecuador, Perú)**. EDUQUIL, 2014.
- LIU, J. S. et al. Study on the chemistry of huperzine-A and huperzine-B. **Acta Chimica Sinica**, v. 44, n. 10, p. 1035-1040, 1986.
- LIU, Fan et al. The bioactive metabolites of the mangrove endophytic fungus *Talaromyces* sp. ZH-154 isolated from *Kandelia candel* (L.) Druce. **Planta Medica**, v. 76, n. 02, p. 185-189, 2010.
- LIU, Yuan-Yuan et al. Heavy oils, principally long-chain n-alkanes secreted by *Aureobasidium pullulans* var. melanogenum strain P5 isolated from mangrove system. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 41, n. 9, p. 1329-1337, 2014.
- LIU, Dong et al. Nigerasterols A and B, Antiproliferative Sterols from the Mangrove-Derived Endophytic Fungus *Aspergillus niger* MA-132. **Helvetica Chimica Acta**, v. 96, n. 6, p. 1055-1061, 2013.
- LOMBARD, L. et al. Epitypification of *Fusarium oxysporum*—clearing the taxonomic chaos. **Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi**, v. 43, n. 1, p. 1-47, 2019.
- LOPES, Caroline MI et al. Evaluation of cytotoxicity and wound healing activity of *Avicennia schaueriana* in cream. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, 2019.
- LOPÉZ, Dioxelis et al. α -Glucosidase inhibitors from a mangrove associated fungus, *Zasmidium* sp. strain EM5-10. **BMC Chemistry**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2019.
- LÓPEZ-RODRÍGUEZ, Fausto. Mangrove in Ecuador: Conservation and management strategies. In: **Coastal Environments**. IntechOpen, 2021.
- LUO, Jin-Ming et al. Biosorption of cadmium (II) from aqueous solutions by industrial fungus *Rhizopus cohnii*. **Transactions of nonferrous metals society of China**, v. 20, n. 6, p. 1104-1111, 2010.
- LUO, Xiaowei et al. Isochromophilones A–F, cytotoxic chloroazaphilones from the marine mangrove endophytic fungus *Diaporthe* sp. SCSIO 41011. **Journal of natural products**, v. 81, n. 4, p. 934-941, 2018.

- MAIA, Livia Karla Remígio. **Identificação de fungos associados a plantas de mangues no estado do Ceará**. Dissertação. Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, UFC. 2019. 100p.
- MATOS, Fernando B.; BOHN, Amabily; LABIAK, Paulo H. The ferns and lycophytes of Reserva Natural Guaricica, Antonina, Paraná, Brazil. **Check list**, v. 16, n. 1, p. 183-206, 2020.
- MAZLAN, Noor W. et al. Metabolomics-guided isolation of anti-trypanosomal compounds from endophytic fungi of the mangrove plant *Avicennia lanata*. **Current medicinal chemistry**, v. 27, n. 11, p. 1815-1835, 2020.
- MEI, Rong-Qing et al. A new phenol derivative isolated from mangrove-derived fungus *Eupenicillium* sp. HJ002. **Natural Product Research**, v. 35, n. 21, p. 4051-4057, 2021.
- MENG, Ling-Hong et al. Penicibrocazines A–E, five new sulfide diketopiperazines from the marine-derived endophytic fungus *Penicillium brocae*. **Marine Drugs**, v. 13, n. 1, p. 276-287, 2015.
- MENG, Ling-Hong et al. Antimicrobial alkaloids produced by the mangrove endophyte *Penicillium brocae* MA-231 using the OSMAC approach. **RSC Advances**, v. 7, n. 87, p. 55026-55033, 2017.
- MENG, Weiqing et al. Invasion and ecological effects of exotic smooth cordgrass *Spartina alterniflora* in China. **Ecological Engineering**, v. 143, p. 105670, 2020.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Biodiversidade brasileira. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira.html>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- MIRJALILI, Mohammad Hossein et al. Isolation and characterization of *Stemphylium* sedicola SBU-16 as a new endophytic taxol-producing fungus from *Taxus baccata* grown in Iran. **FEMS microbiology letters**, v. 328, n. 2, p. 122-129, 2012.
- MOMESSO, Luciano da Silva. **Estudo químico-biológico dos fungos endofíticos 'Cladosporium sphaerospermum, Pestalotiopsis guepini e Chaetomium globosum'**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- MOUSSA, Mariam et al. Tetrahydroanthraquinone derivatives from the mangrove-derived endophytic fungus *Stemphylium globuliferum*. **Tetrahedron letters**, v. 57, n. 36, p. 4074-4078, 2016.
- MOUSSA, Mariam. **OSMAC and Co-Culture Approaches for Diversifying Secondary Metabolites from Endophytic Fungi**. Tese de Doutorado.
- NA, Ren et al. Identification of vincamine indole alkaloids producing endophytic fungi isolated from *Nerium indicum*, Apocynaceae. **Microbiological Research**, v. 192, p. 114-121, 2016.
- NADIA, Tarcila De Lima; DE MENEZES, Nanuza Luiza; MACHADO, Isabel Cristina. Floral traits and reproduction of *Avicennia schaueriana* Moldenke (Acanthaceae): a generalist pollination system in the Lamiales. **Plant Species Biology**, v. 28, n. 1, p. 70-80, 2013.

- NASCIMENTO, Maria Gracelia Paiva; MAYO, Simon Joseph; DE ANDRADE, Ivanilza Moreira. Distinguishing the Brazilian mangrove species *Avicennia germinans* and *A. schaueriana* (Acanthaceae) by elliptic Fourier analysis of leaf shape. **Feddes Repertorium**, v. 132, n. 2, p. 77-107, 2021.
- NASKAR, Saikat; PALIT, Pratip Kumar. Anatomical and physiological adaptations of mangroves. **Wetlands ecology and management**, v. 23, n. 3, p. 357-370, 2015.
- NOBREGA, Leticia Ponticel et al. Modulation of anatomical adaptations of leaves of *Avicennia schaueriana* (Acanthaceae) by a galling *Meunieriella* (Cecidomyiidae). **Flora**, v. 274, p. 151750, 2021.
- NURUNNABI, Tauhidur Rahman et al. Anti-MRSA activity of oxysporone and xylitol from the endophytic fungus *Pestalotia* sp. growing on the Sundarbans mangrove plant *Heritiera fomes*. **Phytotherapy Research**, v. 32, n. 2, p. 348-354, 2018.
- NURUNNABI, Tauhidur R. et al. Antimicrobial activity of endophytic fungi isolated from the mangrove plant *Sonneratia apetala* (Buch.-Ham) from the Sundarbans mangrove forest. **Advances in Traditional Medicine**, v. 20, n. 3, p. 419-425, 2020.
- PALIT, Krishna et al. Microbial diversity and ecological interactions of microorganisms in the mangrove ecosystem: Threats, vulnerability, and adaptations. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-46, 2022.
- PANDOLFO, Cristina et al. Atlas climatológico do estado de Santa Catarina. **Florianópolis: Epagri**, v. 1, p. 13, 2002.
- PANSANIT, Acharavadee; PRIPDEEVECH, Patcharee. Antibacterial secondary metabolites from an endophytic fungus, *Arthrinium* sp. MFLUCC16-1053 isolated from *Zingiber cassumunar*. **Mycology**, v. 9, n. 4, p. 264-272, 2018.
- PEIXOTO, A.L., et al. Conhecendo a biodiversidade. Brasília: MCTIC, CNPq, PPBio, 2016
- PERES, N. A. et al. Lifestyles of *Colletotrichum acutatum*. **Plant disease**, v. 89, n. 8, p. 784-796, 2005.
- PINTO, Aline Bartelochi et al. Density and diversity of filamentous fungi in the water and sediment of Araçá bay in São Sebastião, São Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 18, 2018.
- PINTO, Rayra Annara da Fonseca Otacílio et al. Bioprospecção e caracterização de fungos endofíticos produtores de compostos bioativos isolados de *Dalbergia ecastaphyllum* L. Taub. 2019.
- POURSAFAR, A.; GHOSTA, Y.; JAVAN-NIKKHAH, M. A taxonomic study on *Stemphylium* species associated with black (sooty) head mold of wheat and barley in Iran. **Mycologia Iranica**, v. 3, n. 2, p. 99-109, 2016.
- RABELLO, V. B.S. Impacto de métodos de preservação na caracterização por taxonomia polifásica de isolados de *Sporothrix* spp. Dissertação de mestrado do Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas, Rio de Janeiro, 2018.
- RAJPAR, Muhammad Nawaz; ZAKARIA, Mohamed. Mangrove fauna of Asia. In: **Mangrove Ecosystems of Asia**. Springer, New York, NY, 2014. p. 153-197.

- RANGANATHAN, Nathiya; MAHALINGAM, Gayathri. Secondary metabolite as therapeutic agent from endophytic fungi *Alternaria longipes* strain VITN14G of mangrove plant *Avicennia officinalis*. **Journal of Cellular Biochemistry**, v. 120, n. 3, p. 4021-4031, 2019.
- RATNAWEERA, Pamoda et al. Antimicrobial constituents of *Hypocrea virens*, an endophyte of the mangrove-associate plant *Premna serratifolia* L. **Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka**, v. 44, n. 1, 2016.
- REIS-NETO, Armando Soares dos; MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade; CUNHALIGNON, Marília. Natural regeneration of the mangrove vegetation on abandoned salt ponds in Ceará, in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Diversity**, v. 11, n. 2, p. 27, 2019.
- RIDDELL, Roland W. Permanent stained mycological preparations obtained by slide culture. **mycologia**, v. 42, n. 2, p. 265-270, 1950.
- ROSA, Luiz H. et al. Cytotoxic, immunosuppressive and trypanocidal activities of agrocybin, a polyacetylene produced by *Agrocybe perfecta* (Basidiomycota). **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 22, n. 6, p. 539-545, 2006.
- ROSA, L. H. et al. Leishmanicidal, trypanocidal, and cytotoxic activities of endophytic fungi associated with bioactive plants in Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 41, p. 420-430, 2010a.
- ROSA, L. H. et al. Endophytic fungi community associated with the dicotyledonous plant *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl.(Caryophyllaceae) in Antarctica. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 73, n. 1, p. 178-189, 2010b.
- RUKACHAISIRIKUL, Vatcharin et al. Phthalide and isocoumarin derivatives produced by an *Acremonium* sp. isolated from a mangrove *Rhizophora apiculata*. **Journal of natural products**, v. 75, n. 5, p. 853-858, 2012.
- SANDILYAN, S.; KATHIRESAN, K. Mangrove conservation: a global perspective. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 14, p. 3523-3542, 2012.
- SAMSON, R. A. et al. CBS Laboratory Manual Series. **CBS Laboratory Manual Series**, v. 2, 2010.
- SAMSON, Robert A., Joost A. Stalpers, and D. van der Mei, eds. Culture Collections to Improve the Quality of Life: **Proceedings of the Eight International Congress for Culture Collections**. Veldhoven, The Netherlands, 25-29 August, 1996. Centraalbureau voor Schimmelcultures, 1996.
- SANDOVAL-DENIS, Marcelo et al. Redefining *Microascus*, *Scopulariopsis* and allied genera. **Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi**, v. 36, n. 1, p. 1-36, 2016.
- SANTOS, Tamara Fonseca Bastos et al. Endophytic fungi isolated from Brazilian medicinal plants as potential producers of antioxidants and their relations with anti-inflammatory activity. **3 Biotech**, v. 10, n. 5, p. 1-8, 2020.
- SATTAR, Abdul et al. Antimicrobial Activity of Tigecycline against Extended Spectrum β -lactamase Producing Gram-negative Rods in a Tertiary Care Setting. **Undergraduate Microbiology Education in Pakistan.**, p. 171. 2010.

- SCHMIDT, Philipp-André et al. Illumina metabarcoding of a soil fungal community. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 65, p. 128-132, 2013.
- SCHULZ, Barbara et al. Endophytic fungi: a source of novel biologically active secondary metabolites. ***Mycological research***, v. 106, n. 9, p. 996-1004, 2002.
- SEBASTIANES, F. L. et al. Species diversity of culturable endophytic fungi from Brazilian mangrove forests. ***Current genetics***, v. 59, n. 3, p. 153-166, 2013.
- SHAMTSYAN, Mark M. et al. Immunomodulating Activity of *Bjerkandera* sp. ***International Journal of Medicinal Mushrooms***, v. 7, n. 3, 2005.
- SINGH, Kulwant. **An illustrated manual on identification of some seed-borne Aspergilli, Fusaria, Penicillia and their mycotoxins**. Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries, 1991.
- SENANAYAKE, I. C. et al. Morphological approaches in studying fungi: Collection, examination, isolation, sporulation and preservation. ***Mycosphere***, v. 11, n. 1, p. 2678-2754, 2020.
- SILVA, João Marcelo; MARTINS, Maria Bernadete Gonçalves; CAVALHEIRO, Alberto José. Caracterização anatômica e perfis químicos de folhas de *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leech. ex Moldenke e *Rhizophora mangle* L. de manguezais impactados e não impac
- SILVA, L. F. Capacidade de Deterioração de cepas de *Eucalyptus* spp. Por fungos xilópagos. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo., Jerômio Monteiro, ES, 2011. tados do litoral paulista. ***INSULA Revista de Botânica***, v. 39, p. 14-14, 2010.
- SOARES, Mário Luiz Gomes. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ***Revista Brasileira de Biologia***, v. 59, p. 503-515, 1999.
- SOPALUN, Kathawut et al. Biological potential and chemical composition of bioactive compounds from endophytic fungi associated with thai mangrove plants. ***South African Journal of Botany***, v. 141, p. 66-76, 2021.
- SOVERNIGO, Matheus Hobold. Manguezal do Itacorubi (Florianópolis, SC): Uma revisão da disponibilidade de dados ecológicos visando o direcionamento de novos estudos. *Oecologia Brasiliensis*, v. 13, n. 4, p. 575-595, 2009.
- SOUZA JR, et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. ***Remote Sensing***, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.
- SOVERNIGO, Matheus Hobold. Manguezal do Itacorubi (Florianópolis, SC): Revisão da disponibilidade de dados ecológicos visando ou direcionando novos estudos. ***Oecologia Brasiliensis*** , v. 13, não. 4, pág. 575-595, 2009.
- SPECIAN, Vânia et al. Metabólitos secundários de interesse farmacêutico produzidos por fungos endofíticos. ***Journal of Health Sciences***, v. 16, n. 4, 2014.
- SU, Y. Y.; CAI, L. Polyphasic characterisation of three new *Phyllosticta* spp. ***Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi***, v. 28, n. 1, p. 76-84, 2012.

SUPRATMAN, Unang et al. New naphthoquinone derivatives from *Fusarium napiforme* of a mangrove plant. **Natural Product Research**, v. 35, n. 9, p. 1406-1412, 2021.

SURYANARAYANAN, T. S. et al. Fungal endophytes and bioprospecting. **Fungal biology reviews**, v. 23, n. 1-2, p. 9-19, 2009.

TAYLOR, L. D.; SINSABAUGH, R. L. Chapter 4, The Soil Fungi: Occurrence, Phylogeny, and Ecology. W: Paul EA (ed.) Soil Microbiology. **Ecology and Biochemistry. Academic Press**, p. 77-100, 2014.

TEITEN, Marie-Hélène et al. Anticancer effect of altersolanol A, a metabolite produced by the endophytic fungus *Stemphylium globuliferum*, mediated by its pro-apoptotic and anti-invasive potential via the inhibition of NF- κ B activity. **Bioorganic & medicinal chemistry**, v. 21, n. 13, p. 3850-3858, 2013.

THATOI, Hrudayanath et al. Biodiversity and biotechnological potential of microorganisms from mangrove ecosystems: a review. **Annals of Microbiology**, v. 63, n. 1, p. 1-19, 2013.

TORRES-GARCIA, Daniel; GENÉ, Josepa; GARCÍA, Dania. New and interesting species of *Penicillium* (Eurotiomycetes, Aspergillaceae) in freshwater sediments from Spain. **MycoKeys**, v. 86, p. 103, 2022.

TORRES-MENDOZA, Daniel; ORTEGA, Humberto E.; CUBILLA-RIOS, Luis. Patents on endophytic fungi related to secondary metabolites and biotransformation applications. **Journal of Fungi**, v. 6, n. 2, p. 58, 2020.

TRIERVEILER-PEREIRA, Larissa; BALTAZAR, Juliano Marcon; LOGUERCIO-LEITE, Clarice. Santa Catarina Island mangroves 4--Xylophilous basidiomycetes. **Mycotaxon**, v. 109, n. 1, p. 107-110, 2009.

TRINDADE, Larissa Carvalho et al. **Os manguezais da Ilha de Santa Catarina frente à antropização da paisagem**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2009.

TRIVEDI, N.; REDDY, C. R. K.; LALI, A. M. Marine microbes as a potential source of cellulolytic enzymes. **Advances in food and nutrition research**, v. 79, p. 27-41, 2016.

WAGHUNDE, R. R.; SHELAKE, R. M.; SABALPARA, A. N. Trichoderma: a significant fungus for agriculture and environment. *Afr J Agric Res* 11 (22): 1952–1965. 2016.

WANG, Jinhua et al. Three new resveratrol derivatives from the mangrove endophytic fungus *Alternaria* sp. **Marine drugs**, v. 12, n. 5, p. 2840-2850, 2014.

WANG, Kui-Wu et al. Bioactive natural compounds from the mangrove endophytic fungi. **Mini Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 14, n. 4, p. 370-391, 2014.

WANG, Liping et al. Polyketides from the endophytic fungus *Cladosporium* sp. isolated from the mangrove plant *Excoecaria agallocha*. **Frontiers in chemistry**, v. 6, p. 344, 2018.

WEN, Shitong et al. Two new secondary metabolites from the mangrove endophytic fungus *Pleosporales* sp. SK7. **Natural Product Research**, v. 34, n. 20, p. 2919-2925, 2020.

- WIJAYASINGHE, Malaka M. et al. Effect of salinity on seed germination of five mangroves from Sri Lanka: use of hydrotime modelling for mangrove germination. **Seed Science Research**, v. 29, n. 1, p. 55-63, 2019.
- WU, Yingnan et al. α -Glucosidase inhibitors: Diphenyl ethers and phenolic bisabolane sesquiterpenoids from the mangrove endophytic fungus *Aspergillus flavus* QQSG-3. **Marine drugs**, v. 16, n. 9, p. 307, 2018.
- WU, Yingnan et al. Cytotoxic isocoumarin derivatives from the mangrove endophytic fungus *Aspergillus* sp. HN15-5D. **Archives of pharmacal research**, v. 42, n. 4, p. 326-331, 2019.
- XIA, Xuekui et al. Two new derivatives of griseofulvin from the mangrove endophytic fungus *Nigrospora* sp.(strain No. 1403) from *Kandelia candel* (L.) Druce. **Planta medica**, v. 77, n. 15, p. 1735-1738, 2011.
- XIA, Shaopan et al. *Spartina alterniflora* invasion controls organic carbon stocks in coastal marsh and mangrove soils across tropics and subtropics. **Global Change Biology**, v. 27, n. 8, p. 1627-1644, 2021.
- XU, Qing-yan. Purification, elucidation and activities study of cytosporone B. **Journal-Xiamen University Natural Science**, v. 44, n. 3, p. 425, 2005.
- XU, Zhiyong et al. Pestalotiopsis B, a new isocoumarin derivative from the mangrove endophytic fungus *Pestalotiopsis* sp. HHL101. **Natural Product Research**, v. 34, n. 7, p. 1002-1007, 2020.
- XU, Zhiyong; XIONG, Bingxue; XU, Jing. Chemical investigation of secondary metabolites produced by mangrove endophytic fungus *Phyllosticta capitalensis*. **Natural Product Research**, v. 35, n. 9, p. 1561-1565, 2021.
- YAN, Hui-Jiao et al. Alkaloid and anthraquinone derivatives produced by the marine-derived endophytic fungus *Eurotium rubrum*. **Helvetica Chimica Acta**, v. 95, n. 1, p. 163-168, 2012.
- YU, Guihong et al. Neosartoryadins A and B, fumiquinazoline alkaloids from a mangrove-derived fungus *Neosartorya udagawae* HDN13-313. **Organic letters**, v. 18, n. 2, p. 244-247, 2016.
- ZHANG, Guojian et al. Antiviral isoindolone derivatives from an endophytic fungus *Emericella* sp. associated with *Aegiceras corniculatum*. **Phytochemistry**, v. 72, n. 11-12, p. 1436-1442, 2011.
- ZHANG, Liuhong et al. Induction of diverse bioactive secondary metabolites from the mangrove endophytic fungus *Trichoderma* sp.(strain 307) by co-cultivation with *Acinetobacter johnsonii* (strain B2). **Marine drugs**, v. 15, n. 2, p. 35, 2017.
- ZHANG, Liuhong et al. α -Glucosidase inhibitory and cytotoxic botryorhodines from mangrove endophytic fungus *Trichoderma* sp. 307. **Natural Product Research**, v. 32, n. 24, p. 2887-2892, 2018.
- ZHENG, Chao et al. Antiproliferative metabolites from the endophytic fungus *Penicillium* sp. FJ-1 isolated from a mangrove *Avicennia marina*. **Phytochemistry Letters**, v. 10, p. 272-275, 2014.

ZHOU, Xue-Ming et al. Antibacterial α -pyrone derivatives from a mangrove-derived fungus *Stemphylium* sp. 33231 from the South China Sea. **The Journal of Antibiotics**, v. 67, n. 5, p. 401-403, 2014.

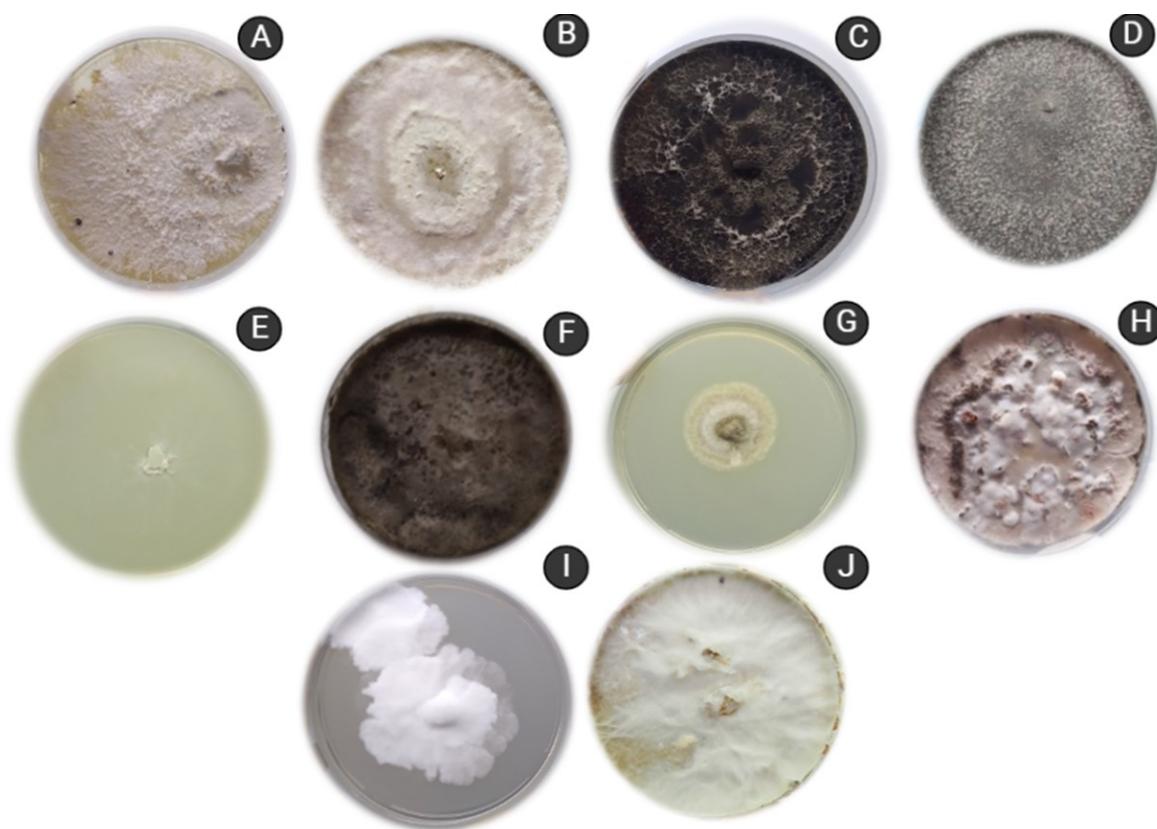
ZHU, D. et al. A novel endophytic Huperzine A-producing fungus, *Shiraia* sp. Slf14, isolated from *Huperzia serrata*. **Journal of applied microbiology**, v. 109, n. 4, p. 1469-1478, 2010.

ZHU, Xinwei et al. A New L-alanine derivative from the mangrove fungus *Penicillium chrysogenum* V11. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 54, n. 3, p. 520-522, 2018.

ZIN, War War May et al. Antibacterial and antibiofilm activities of the metabolites isolated from the culture of the mangrove-derived endophytic fungus *Eurotium chevalieri* KUFA 0006. **Phytochemistry**, v. 141, p. 86-97, 2017.

APÊNDICE A

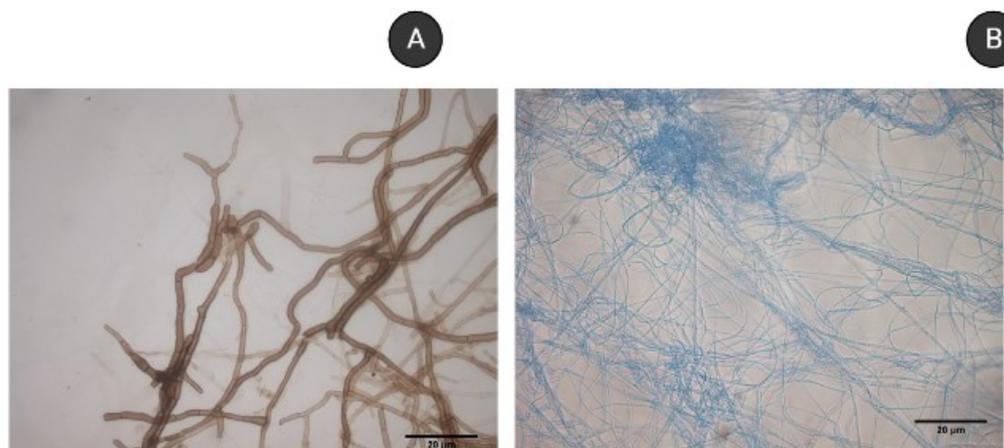
Isolados de fungos endofíticos não identificados pelas características micro e macromorfológicas. A, B, C e D: isolados RLRF4B20315, IRMR2A20064, RLRF1B20306 e RASF1B10104, respectivamente, identificados molecularmente como *Diaporthe/Phomopsis* sp; E: isolado RASFM10100 identificado molecularmente como *Phlebia* sp; F: isolado IASF1A10001 identificado molecularmente como *Neofusicoccum parvum*; G e H : isolados IASFM30068 e RSAF3B20271 identificados molecularmente como fungos da classe Dothideisomicetos e Sordariomicetos, respectivamente; I e J, isolados RASF1B10101 e RLRC4B20335 identificados molecularmente como fungos da família Xylariaceae.



Fonte: Autora (2022)

APÊNDICE B

Características micromorfológicas do isolado IASF1A10001 (*Neofusicoccum parvum*) (A) e RASF1B10101 (Xylariaceae)(B) isolados de mangues da Ilha de Santa Catarina, em microscópio óptico aumento de 400X.



Fonte: Autora (2022)

APÊNDICE C

Índice de frequência total e parcial de fungos endofíticos isolados de dois manguezais catarinenses.

NT: Número total de isolados de cada gênero fúngico; NiI: Número de isolados de cada gênero do mangue Itacorubi (impactado); NiL: Número de isolados de cada gênero do mangue Ratores (não impactado); FpI: Frequência parcial dos gêneros de fungos do mangue impactado (Itacorubi); FpR: Frequência parcial dos gêneros de fungos do mangue não impactado (Ratores) e FT: Frequência total de cada gênero.

Fungo endofítico	NiT	NiL	FbI(%)	NiR	FpR(%)	FT (%)
<i>Arthrinium</i> sp.	6	0	0	6	3,14	2,28
<i>Aspergillus</i> sp.	17	12	16,67	5	2,62	6,46
<i>Bjerkandera</i> sp.	18	1	1,39	17	8,90	6,84
<i>Buergenerula</i> sp.	1	1	1,39	0	0	0,38
<i>Cladosporium</i> sp.	20	4	5,56	16	8,38	7,60
<i>Colletotrichum</i> sp.	34	7	9,72	27	14,14	12,93
<i>Curvularia</i> sp.	10	9	12,50	1	0,52	3,80
<i>Diaporthe/</i>						
<i>Phomopsis</i> sp.	4	1	1,39	3	1,57	1,52
<i>Epicoccum</i> sp.	16	0	0	16	8,38	6,08
<i>Fusarium</i> sp.	41	12	16,67	29	15,18	15,59
<i>Pseudogymnoascus</i> sp.	3	2	2,78	1	0,52	1,14
<i>Neofusicoccum</i> sp.	1	1	1,39	0	0	0,38
<i>Penicillium</i> sp.	32	9	12,50	23	12,04	12,17
<i>Phlebia</i> sp.	1	0	0	1	0,52	0,38
<i>Phyllosticta</i> sp.	14	5	6,94	9	4,71	5,32
<i>Scopulariopsis</i> sp.	1	0	0	1	0,52	0,38
<i>Stemphylium</i> sp.	2	2	2,78	0	0	0,76
<i>Trichoderma</i> sp.	37	6	8,33	31	16,23	14,07
<i>Venturia</i> sp.	3	0	0	3	1,57	1,14
Xylariaceae	2	0	0	2	1,05	0,76
Total:	263	72	100	191	100	100
Frequência Total		27,38%		72,62%		

Fonte: Autora (2022).

APÊNDICE D

Índice de frequência de fungos endofíticos associados a *A. schaeuriana*, *L. racemosa*, *R. mangle* e *S. alterniflora*. NiAS: Número de gêneros de fungos isolados de *A. schaeuriana*; FrAS: Frequência parcial dos gêneros de fungos isolados de *A. schaeuriana*; NiLR: Número de gêneros de fungos isolados de *L. racemosa*; FrLR: Frequência parcial dos gêneros de fungos isolados de *L. racemosa*; NiRM: Número de gêneros de fungos isolados de *R. mangle*; FrRM: Frequência parcial dos gêneros de fungos isolados de *R. mangle*; NiSA: Número de gêneros de fungos isolados de *S. alterniflora*; FrSA: Frequência parcial dos gêneros de fungos isolados de *S. alterniflora*

Fungo endofítico	NiAS	FrAS(%)	NiLR	FrLR(%)	NiRM	FrRM(%)	NiSA	FrSA(%)
<i>Arthrinium</i> sp.	6	5,66	0	0	0	0	0	0
<i>Aspergillus</i> sp.	6	5,66	10	11,63	0	0	1	2,22
<i>Bjerkandera</i> sp.	9	8,49	1	1,16	0	0	8	17,78
<i>Buergenerula</i> sp.	0	0,00	1	1,16	0	0	0	0
<i>Cladosporium</i> sp.	6	5,66	3	3,49	1	3,85	10	22,22
<i>Colletotrichum</i> sp.	15	14,15	12	13,95	5	19,23	2	4,44
<i>Curvularia</i> sp.	3	2,83	6	6,98	1	3,85	0	0
<i>Diaporthe/</i> <i>Phomopsis</i> sp.	1	0,94	1	1,16	2	7,69	0	0
<i>Epicoccum/</i> <i>Glonium</i> sp.	2	1,89	13	15,12	0	0	1	2,22
<i>Fusarium</i> sp.	17	16,04	15	17,44	2	7,69	7	15,56
<i>Pseudogymnoascus</i> sp.	3	2,83	0	0	0	0	0	0
<i>Neofusicoccum</i> sp.	1	0,94	0	0	0	0	0	0
<i>Penicillium</i> sp.	6	5,66	11	12,79	9	34,62	6	13,33
<i>Phlebia</i> sp.	1	0,94	0	0	0	0	0	0
<i>Phyllosticta</i> sp.	5	4,72	5	5,81	4	15,38	0	0
<i>Scopulariopsis</i> sp.	1	0,94	0	0	0	0	0	0
<i>Stemphylium</i> sp.	2	1,89	0	0	0	0	0	0
<i>Trichoderma</i> sp.	19	17,92	7	8,14	1	3,85	10	22,22
<i>Venturia</i> like sp.	2	1,89	0	0	1	3,85	0	0
Xylariaceae	1	0,94	1	1,16	0	0	0	0
Total:	106	100	86	100	26	100	45	100
Frequência Total	40,30 %		32,7 %		9,89%		17,11 %	

Fonte: Autora (2022).

APÊNDICE E

Índice de frequência de gêneros de fungos endofíticos isolados de folhas, caules e raízes de espécies de mangues catarinenses. NiFO: Número de gêneros de fungos isolados de fragmentos foliares; FrFO: Frequência parcial dos gêneros de fungos isolados de fragmentos foliares; NiCA: Número de gêneros de fungos isolados de fragmentos de caule; FrCA: Frequência parcial dos gêneros de fungos isolados de fragmentos de caule; NiRA: Número de gêneros de fungos isolados de fragmentos de raiz e FrRA: Frequência parcial dos gêneros de fungos isolados de fragmentos de raiz, respectivamente.

Fungo endofítico	NiFO	FrFO (%)	NiCA	FrCA (%)	NiRA	FrRA (%)
<i>Arthrinium</i> sp.	5	3,97	1	1,67	0	0
<i>Aspergillus</i> sp.	6	4,76	6	10,00	5	6,49
<i>Bjerkandera</i> sp.	12	9,52	3	5,00	3	3,90
<i>Buergenerula</i> sp.	1	0,79	0	0	0	0
<i>Cladosporium</i> sp.	10	7,94	2	3,33	8	10,39
<i>Colletotrichum</i> sp.	21	16,67	2	3,33	11	14,29
<i>Curvularia</i> sp.	3	2,38	5	8,33	2	2,60
<i>Diaporthe/Phomopsis</i> sp.	3	2,38	0	0	1	1,30
<i>Epicoccum</i> sp.	5	3,97	3	5,00	8	10,39
<i>Fusarium</i> sp.	17	13,49	13	21,67	11	14,29
<i>Pseudogymnoascus</i> sp.	1	0,79	2	3,33	0	0
<i>Neofusicoccum</i> sp.	1	0,79	0	0	0	0
<i>Penicillium</i> sp.	11	8,73	8	13,33	13	16,88
<i>Phlebia</i> sp.	1	0,79	0	0	0	0
<i>Phyllosticta</i> sp.	5	3,97	5	8,33	4	5,19
<i>Scopulariopsis</i> sp.	1	0,79	0	0	0	0
<i>Stemphylium</i> sp.	1	0,79	1	1,67	0	0
<i>Trichoderma</i> sp.	20	15,87	6	10,00	11	14,29
<i>Venturia</i> like sp.	1	0,79	2	3,33	0	0
Xylariaceae	1	0,79	1	1,67	0	0
Frequência Total	126 Ab= 47,91%)	100	60 (Ab= 22,81%)	100	77 (Ab=29,28%)	100

Fonte: Autor (2022).

APÊNDICE F

Índice de frequência de gêneros de fungos endofíticos isolados de meio de cultura (1, 2, 3 e 4). NiM1: Número de gêneros de fungos isolados em meio 1; FrM1: Frequência parcial dos gêneros de fungos isolados em meio 1; NiM2: Número de gêneros de fungos isolados em meio 2; FrM2: Frequência parcial dos gêneros de fungos isolados em meio 2; NiM3 : Número de gêneros de fungos isolados em meio 3; FrM3: Frequência parcial dos gêneros de fungos isolados em meio 3; NiM4: Número de gêneros de fungos isolados em meio 4 e FrM4: Frequência parcial dos gêneros de fungos isolados em meio 4.

Fungo endofítico	NiM1	FrM1(%)	NiM2	FrM2(%)	NiM3	FrM3(%)	NiM4	FrM4(%)
<i>Arthrinium</i> sp.	3	3,06	0	0,00	2	4,35	1	2,13
<i>Aspergillus</i> sp.	9	9,18	6	8,33	1	2,17	1	2,13
<i>Bjerkandera</i> sp.	7	7,14	6	8,33	2	4,35	3	6,38
<i>Buergenerula</i> sp.	0	0,00	1	1,39	0	0,00	0	0,00
<i>Cladosporium</i> sp.	5	5,10	5	6,94	4	8,70	6	12,77
<i>Colletotrichum</i> sp.	11	11,22	6	8,33	9	19,57	8	17,02
<i>Curvularia</i> sp.	4	4,08	4	5,56	1	2,17	1	2,13
<i>Diaporthe/Phomopsis</i> sp.	2	2,04	1	1,39	0	0,00	1	2,13
<i>Epicoccum</i> sp.	3	3,06	3	4,17	4	8,70	6	12,77
<i>Fusarium</i> sp.	17	17,35	15	20,83	6	13,04	3	6,38
<i>Pseudogymnoascus</i> sp.	1	1,02	1	1,39	0	0,00	1	2,13
<i>Neofusicoccum</i> sp.	1	1,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Penicillium</i> sp.	15	15,31	6	8,33	4	8,70	7	14,89
<i>Phlebia</i> sp.	1	1,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Phyllosticta</i> sp.	4	4,08	4	5,56	2	4,35	4	8,51
<i>Scopulariopsis</i> sp.	0	0,00	0	0,00	1	2,17	0	0,00
<i>Stemphylium</i> sp.	1	1,02	1	1,39	0	0,00	0	0,00
<i>Trichoderma</i> sp.	11	11,22	13	18,06	9	19,57	4	8,51
<i>Venturia</i> like sp.	2	2,04	0	0,00	1	2,17	0	0,00
Xylariaceae	1	1,02	0	0,00	0	0,00	1	2,13
	98				46		47	
	Ab=		72 Ab=		Ab=		Ab=	
Frequência Total	37,26%)		27,38%)		17,49%)		17,88%)	

Fonte: Autora (2022).

ANEXO A

Fungos endofíticos isolados de plantas de mangue em todo o mundo. Artigos publicados de 2010 a 2020.

Fungo endofítico	Planta de mangue	País de isolamento	Referência
<i>Acremonium</i> sp.		Tailândia	Rukachaisirikul et al., (2012)
<i>Acremonium Strictum</i>	<i>Rhizophora apiculata</i>	Vietnã	Hammerschmidt et al. (2014)
<i>Alternaria alternata</i>			
<i>Alternaria alternata</i>	<i>L. racemosa</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Alternaria solani</i>			
<i>Arthothelium spectabile</i>	<i>R. mangle</i>		
<i>Alternaria longipe</i>	<i>Avicennia Officinalis</i>	Índia	Ranganathan, Mahalingam (2018)
<i>Alternaria</i> sp.	<i>Myoporum bontioides</i>	China	Wang et al. (2014)
	<i>Rhizophora mucronata</i>	Malásia	Hamzah et al. (2018)
<i>Aspergillus clavatus</i>	<i>Myoporum bontioides</i>	China	Li et al. (2017)
<i>Aspergillus awamori</i>	<i>A. nítida,</i>		
<i>Aspergillus</i> sp.	<i>L. racemosa e</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Aspergillus oryzae</i>	<i>R. mangle</i>		
<i>Aspergillus flavipes</i>	<i>Acanthus ilicifolius</i>	China	Bai et al. (2014)
	<i>Sonneratia griffithii</i>	Indonésia	Handayani et al. (2017)
<i>Aspergillus flavus</i>	<i>Kandelia obovata</i>	China	Wu et al. (2018)
	<i>Acrostichum specioum</i>	China	Guo et al. (2017)
<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Sonneratia griffithii</i>	Indonésia	Handayani et al. (2017)
<i>Aspergillus nidulans</i>	<i>Rhizophora stylosa</i>	China	An et al. (2013)
	<i>Avicennia marina</i>	China	Liu et al. (2013)
	<i>A.nítida</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Sonneratia apetala</i>	Bangladesh	Nurunnabi et al. 2019;2020)
	<i>S. griffithii</i>	Indonésia	Handayani et al. (2017)
	<i>Avicennia africana</i>	Nigéria	Akinduyite and Ariole (2018)
<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Acanthus ilicifolius,</i>		
	<i>Bruguiera gymnorrhiza e</i>	China	Wu et al. (2019), Li et al. (2012) e Cai et al. (2019)
	<i>Kandelia candel</i>		
	<i>Dalbergia ecastaphyllum</i>	Brasil	Pinto (2019)
<i>Aspergillus steynii,</i>			
<i>Aspergillus welwitschiae,</i>			
<i>Aspergillus oryzae,</i>	<i>Laguncularia</i>		
<i>Aspergillus nidulan,</i>	<i>racemosa</i>	Brasil	Maia (2019)
<i>Aspergillus heteromorphus</i>			
<i>Aspergillus niger</i>			
<i>Aspergillus oryzae</i>	<i>Avicennia nítida</i>		

Continua...

Fungo endofítico	Planta de mangue	País de isolamento	Referência
<i>Aspergillus tubingensis</i>	<i>Pongamia pinnata</i>	China	Hong-Bo et al. (2010)
<i>Aspergillus versicolor</i>	<i>Excoecaria agallocha</i>	China	Cui et al. (2018)
<i>Botryosphaeria rhodina</i>	<i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Campylocarpon</i> sp.	<i>Sonneratia caseolaris</i>	China	Zhu et al. (2016)
	<i>Rhizophora apiculata</i>	Tailândia	Chaeprasert et al. 2010)
	<i>Aegiceras corniculatum</i> , <i>Kandelia candel</i> , <i>Excoecaria agallocha</i>	China	Bin et al. (2014), Ai et al. (2015) e Wang, L. et al. (2018)
<i>Cladosporium</i> sp.	<i>Rhizophora mucronata</i>	Malásia	Hamzah et al. (2018)
	<i>A. schaueriana</i> e <i>L.racemosa</i>	Brasil	Costa et al. (2012)
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	<i>A. schaueriana</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
	<i>Sonneratia apetala</i>	Bangladesh;	Nurunnabi et al. (2020)
<i>Chrysosporthe cubensis</i> , <i>Colletotrichum boninense</i> , <i>Coniothyrium minitans</i> , <i>Coprinellus radians</i> , <i>Curvularia affinis</i> , <i>Cylindrocladium spathulatum</i> , <i>Cytospora rhizophorae</i>	<i>A. schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al.(2013)
	<i>Xylocarpus granatum</i>	Tailândia	Chaeprasert et al. (2010)
<i>Colletotrichum</i> sp.	<i>A. schaueriana</i> <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i> <i>Aegiceras corniculatum</i> ,	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
	<i>A. africana</i>	Nigéria	Akinduyite and Ariole (2018)
<i>Colletotrichum orchidophilum</i> e <i>Cryptococcus gattii</i>	<i>Avicennia Nitida</i>		
<i>Cryptococcus neoformans</i>	<i>Laguncularia racemosa</i> e <i>Rhizophora mangle</i>	Brasil	Maia (2019)

Continua...

Fungo endofítico	Planta de manguê	País de isolamento	Referência
<i>Diaporthe</i> sp, <i>Diaporthe stewartii</i> , <i>Diaporthe phaseolorum</i> e <i>Diaporthe neotheicola</i>	<i>A. schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al.(2013)
<i>Diaporthe</i> sp	<i>R. stylosa</i>	China	Lou et al.(2018)
<i>Dothiorella</i> sp.	<i>Aegiceras corniculatum</i>		Du and Su et al. (2014)
<i>Emericella</i> sp.		China	Zang et al. (2011)
<i>Endothia viridistroma</i> , <i>Endothia gyrosa</i> , <i>Epicoccum nigrum</i> e <i>Eutypa lata</i>	<i>A. schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Epicoccum</i> sp.	<i>Avicennia africana</i>	Nigéria	Akinduyite and Ariole (2018)
<i>Eupenicillium</i> sp.	<i>Xylocarpus granatum</i>	China	Mei et al. (2020)
<i>Eurotium chevalier</i>	<i>R. mucronata</i>	Tailândia	Zin et al. (2017) Yan et al. (2012)
<i>Eurotium rubrum</i>	<i>Hibiscus tiliaceu</i>	China	
<i>Fusarium equiseti</i>	<i>Sonneratia apetala</i>	Bangladesh	Nurunnabi et al. (2020)
<i>Fusarium lateritium</i>	<i>Rhizophora mucronata</i>	Malásia	Hamzah et al. (2018)
<i>Fusarium phyllophilum</i>	<i>Avicennia africana</i>	Nigéria	Akinduyite and Ariole (2018)
<i>Fusarium</i> sp., <i>F. sambucinum</i> , <i>F. chlamydosporum</i> , <i>F. camptoceras</i> e <i>F. lateritium</i>	<i>A.schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
	<i>Rhizophora mucronata</i>	Malásia	Hamzah et al. (2018)
<i>Fusarium</i> sp.	<i>Dalbergia ecastaphyllum</i>	Brasil	Pinto (2019)
<i>Gibberella moniliformis</i> , <i>Gelasinospora tetrasperma</i> , <i>Glomerella lagenaria</i> , <i>Glomerella acutata</i> , <i>Glomerella cingulata</i> , <i>Guignardia mangiferae</i> e <i>Guignardia</i> sp.	<i>A.schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Glomerella cingulata</i> e <i>Guignardia</i> sp.	<i>A.schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Costa et al. (2012)
<i>Guignardia camelliae</i>	<i>Avicennia</i> sp.	Malásia	Ing et al. (2016)
<i>Guignardia</i> sp.	<i>Aegiceras corniculatum</i> <i>Acanthus ilicifolius</i>	China	Bin et al. (2014) Chi et al. (2019)
<i>Glomerella</i> sp.	<i>A.corniculatum</i>	China	Bin et al. (2014)

Continua...

Fungo endofítico	Planta de mangue	País de isolamento	Referência
<i>Heterobasidium irregulare</i>	<i>Avicennia nítida</i>		
<i>Hyphopichia pseudoburtonii</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	Brasil	Maia (2019)
<i>Hyphopichia burtonii</i>	<i>Rhizophora mangle</i>		
<i>Hypocrea lixii</i> , <i>H. koningii</i> e <i>H. virens</i>	<i>A.schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Hypocrea virens</i>	<i>Premna serratifolia</i>	Índia	Ratnaweera et al. (2016)
<i>Hyphopichia pseudoburtonii</i>			
<i>Lactarius piperatus</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	Brasil	Maia (2019)
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	<i>Acanthus ilicifolius</i>	China	Chen et al. (2016)
<i>Lasiodiplodia rubropurpurea</i> , <i>L. rubropurpurea</i> , <i>Leptosphaeria sp.</i> e <i>Massarina sp.</i>	<i>A.schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Leptosphaerulina sp.</i>	<i>Acanthus ilicifolius</i>	China	Cui et al. (2017)
<i>Neofusicoccum ribis</i> , <i>Neofusicoccum vitifusiforme</i> , <i>Neosartorya fisheri</i> , <i>Neurospora cerealis</i> , <i>Nigrospora oryzae</i> <i>Nigrospora oryzae</i> e	<i>A.schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Neosartorya hiratsukae</i>	<i>Avicennia sp.</i>	China	Yu et al. (2016)
<i>Neofusicoccum parvum</i>	<i>Aegiceras corniculatum</i> e <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	China	Li et al. (2016)
<i>Nodulisporium gregarium</i>	<i>A. schaueriana</i>	Brasil	Costa et al. (2012)
<i>Nodulisporium sp.</i>	<i>Acanthus ilicifolius</i>	China	Chi et al. (2019)
<i>Nigrospora sp.</i>	<i>Kandelia candel</i> ,	China	Xia et al. (2011)
	<i>Rhizophora mucronata</i>	Malásia	Hamzah et al. (2018)
<i>Nigrospora sphaerica</i>	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Índia	Yu et al. (2015)
<i>Phellinus noxius</i>	<i>Acanthus ilicifolius</i>	China	Chi et al. (2019)
<i>Penicillium brocae</i>	<i>Avicennia marina</i>	China	Meng et al. (2015)
<i>Penicillium chrysogenum</i>	<i>Porteresia coarctata</i>	Índia	Devi et al. (2012)
	<i>Myoporium bontioides</i>	China	Zhu et al. (2018)
<i>Penicillium coffeae</i>		China	Cao et al. (2019)
<i>Penicillium herquei</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	Gana	Hayibor et al. (2019)
<i>Penicillium simplicissimum</i>	<i>Bruguiera sexangula var. rhynchopetala</i>	China	Xu et al. (2016)
	<i>Avicennia africana</i> ,	Nigéria	Akinduyite and Ariole (2018)
<i>Penicillium sp.</i>	<i>Dalbergia ecastaphyllum</i>	Brasil	Pinto (2019)
<i>Penicillium steckii</i>	<i>A. marina</i>	China	Chen et al. (2021)
<i>Penicillium chermesinum</i>	<i>Kandelia candel</i>	China	Huang et al. (2011)

Continua...

Fungo endofítico	Planta de mangue	País de isolamento	Referência
<i>Penicillium minioluteum</i> , <i>Penicillium aethiopicum</i> , <i>Penicillium sp.</i> , <i>Periconia macrospinosa</i> , <i>Pestalotiopsis clavispora</i> , <i>Pestalotiopsis clavispora</i> , <i>Pestalotiopsis theae</i> , <i>Pestalotiopsis microspora</i> , <i>Pestalotiopsis microspora</i> , <i>Phaeoramularia saururi</i> , <i>Phaeoseptoria musae</i> e <i>Phanerochaete velutina</i>	<i>A.schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Pestalotiopsis sp.</i>	<i>Rhizophora mucronata</i>	Malásia	Hamzah et al. (2018)
<i>Pichia kudriavzevii</i>	<i>Rhizophora stylosa</i> <i>Avicennia nítida</i>	China	Xu et al. (2020)
<i>Podospora anserina</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	Brasil	Maia (2019)
	<i>Thespesia populneoide</i>	Tailândia	Chaeprasert et al. (2010)
<i>Phoma sp.</i>	<i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Acanthus ilicifolius</i> e <i>Myoporium bontioides</i>	Malásia	Hamzah et al. (2018), Chi et al. (2019) <u>Huang</u> et al. (2017)
	<i>Avicennia nítida</i>	Brasil	Maia (2019)
<i>Phomopsis archeri</i> , <i>P. diachenii</i>	<i>A. schaueriana</i> e <i>Laguncularia racemosa</i>	Brasil	Costa et al. (2012)
<i>Phomopsis sp.</i> , <i>Phomopsis columnaris</i> , <i>Pichia guilliermondii</i> , <i>Pseudallescheria boydii</i>	<i>A.schaueriana</i> , <i>L. racemosa</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Phomopsis sp.</i>	<i>Acanthus ilicifolius</i> , <i>R. apiculata</i> <i>Avicennia africana</i>	China Nigéria	Cai et al. (2017a), Klaiklay et al. (2016) Akinduyite and Ariole (2018)
<i>Phyllosticta sp.</i>	<i>Acanthus ilicifolius</i> , <i>Avicennia alba</i> , <i>Ceriops decandra</i> , <i>Lumnitzera littorea</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Xylocarpus moluccensis</i> , <i>Rhizophora mangle</i>	Tailândia Brasil	Chaeprasert et al. (2010) Costa et al. (2012)
<i>Pleosporales sp.</i>	<i>Kandelia candel</i>	China	Wen et al. (2019)
<i>Rhizopus sp.</i>	<i>Avicennia africana</i>	Nigéria	Akinduyite and Ariole (2018)
<i>Scopulariopsis sphaerospora</i>	<i>A. schaeuriana</i>	Brasil	Costa et al. (2012)

...Continua

Fungo endofítico	Planta de mangue	País de isolamento	Referência
<i>Sphaerulina musiva</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	Brasil	Maia (2019)
<i>Schizophyllum commune</i>	<i>Avicennia officinalis</i>	Índia	Joel and Bhimba (2013)
<i>Scolecobasidium</i> sp.	<i>L. racemosa</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Stemphylium</i> sp.	<i>Burquiera sexangula</i> var. <i>rhynchoptala</i>	China	Zhou et al. (2014)
<i>Talaromyces</i> sp	<i>Avicennia marina</i>	Egito	Moussa et al. (2018)
<i>Tetrapisispora blattae</i>	<i>Kandelia candel</i>	China	Liu et al. (2010)
<i>Trichoderma</i> sp., <i>Trichoderma longibrachiatum</i> e <i>Trichoderma asperellum</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	Brasil	Maia (2019)
<i>Trichoderma</i> sp	<i>A.schaueriana</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Trichoderma</i> sp	<i>Dalbergia ecastaphyllum</i>	Brasil	Pinto (2019)
<i>Valsa ambiens</i> , <i>Xylaria</i> sp., <i>Xylaria enteroleuca</i> , <i>Xylaria polymorpha</i> , <i>Xylaria polymorpha</i> e <i>Xylaria curta</i>	<i>Clerodendrum inerme</i>	China	Zhang et al. (2017)
<i>Xylaria psidii</i>	<i>A.schaueriana</i> e <i>R. mangle</i>	Brasil	Sebastianes et al. (2013)
<i>Xylaria</i> sp.	<i>Aegle marmelos</i>	Índia	Arora et al. (2016)
<i>Zasmidium</i> sp.	<i>Rhizophora mucronata</i>	Malásia	Hamzah et al. (2018)
<i>Zygosaccharomyces parabailii</i>	<i>Acanthus ilicifolius</i>	China	Chi et al. (2019)
	<i>L. racemosa</i>	Panamá	López et al. (2019)
	<i>Laguncularia racemosa</i>	Brasil	Maia (2019)

Fonte: Adaptado de CADAMURO et al., 2021