



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

DAVID ÍTALLO BARBOSA

**COOCORRÊNCIA ENTRE LIQUENS E MIXOMICETOS CORTICÍCOLAS EM
ÁREAS DE FLORESTA ATLÂNTICA E ECOSSISTEMAS ASSOCIADOS DO
CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO**

RECIFE

2021

DAVID ÍTALLO BARBOSA

**COOCORRÊNCIA ENTRE LIQUENS E MIXOMICETOS CORTICÍCOLAS EM
ÁREAS DE FLORESTA ATLÂNTICA E ECOSISTEMAS ASSOCIADOS DO
CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Doutor em Biologia de Fungos.

Área de concentração: Micologia básica

Orientadora: Profa. Dra. Laise de Holanda Cavalcanti Andrade

Coorientadora: Profa. Dra. Marcela Eugenia da Silva Cáceres

RECIFE

2021

Catálogo na fonte
Elaine C Barroso (CRB4/1728)

Barbosa, David Itallo

Coocorrência entre líquens e mixomicetos corticícolos em áreas de Floresta Atlântica e ecossistemas associados do Centro de Endemismo Pernambuco / David Itallo Barbosa - 2021.

170 folhas: il., fig., tab.

Orientadora: Laise de Holanda Cavalcanti Andrade

Coorientadora: Marcela Eugenia da Silva Cáceres

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos. Recife, 2021.

Inclui referências e apêndices

1. Fungos 2. Ecologia 3. Mata Atlântica I. Andrade, Laise de Holanda Cavalcanti (orient.) II. Cáceres, Marcela Eugenia da Silva (coorient.) III. Título

579.5

CDD (22.ed.)

UFPE/CB-2021-318

DAVID ÍTALLO BARBOSA

**COOCORRÊNCIA ENTRE LIQUENS E MIXOMICETOS CORTICÍCOLAS EM
ÁREAS DE FLORESTA ATLÂNTICA E ECOSISTEMAS ASSOCIADOS DO
CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Doutor em Biologia de Fungos.

Aprovada em: 28 / 01 / 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Laise de Holanda Cavalcanti Andrade (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Andre Luiz C. M. Azevedo Santiago (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Edvaneide Leandro de Lima Nascimento (Examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Eugênia Cristina G. Pereira (Examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Kátia Cavalcanti Pôrto (Examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

A coocorrência entre mixomicetos e líquens pode ser favorecida pela arquitetura dos talos líquênicos, que armazenam umidade e detritos favoráveis ao crescimento de bactérias e fungos, fontes de alimento dos mixomicetos. Pesquisou-se a existência de coocorrência entre líquens e mixomicetos corticícolas e os fatores que regulam sua presença e distribuição em ambientes de Floresta Atlântica, Manguezal e Restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil. Talos líquênicos e fragmentos do córtex de forófitas foram coletadas em três áreas de manguezais e restingas e uma de floresta ombrófila densa (FOD), situadas entre Alagoas e Rio Grande do Norte. Foram analisadas 240 forófitas quanto à ocorrência de líquens/mixomicetos, explorando-se uma faixa de 0,6 m em torno do tronco a 1,30 m de altura e colhidas 720 amostras do córtex, para montagem de câmaras úmidas. Líquens e mixomicetos presentes em uma mesma câmara úmida foram contabilizados para análise de coocorrência, mensurada a partir de índice *C-score* e *pairwise* (EcoSim program). A diversidade de espécies, índices de comunidade e análise de variância foram verificados no *Rproject program*. Utilizou-se análise multivariada (CCA) para avaliar a influência dos filtros ambientais sobre a distribuição das espécies. Registraram-se 51 espécies de líquens nos manguezais e 57 nas restingas, majoritariamente Ostropales e Graphidaceae (Lecanoromycetes) (35–84%). A composição da liquenobiota nos mangues diferiu quanto às espécies (25–44%), mas foi semelhante quanto aos gêneros (41–75%); na restinga, diferiu em ambos (0–25%; 0–26%). Foi verificada na FOD diversidade taxonômica elevada (S/G= 1,72), porém menor que a da restinga de Cabedelo (S/G= 1,0). Acrescentaram-se 37 espécies ao número conhecido de líquens para manguezais no Brasil e 53 para as restingas. Os mixomicetos foram diversos em ambientes de FOD (17 spp; S/G=2,12), com destaque para Trichiales e Liceales. Alcançou-se entre 59–82% do quantitativo de táxons previstos pelos estimadores de riqueza. A restinga (34 spp; S/G=2,12) e o manguezal (32 spp; S/G=2,46) assemelharam-se na diversidade taxonômica. *Diderma aglomerospora* (restinga), foi descrita como nova para a ciência e *Licea testudinacea* é primeira referência mundial para manguezal. Os filtros ambientais que mais influenciaram a distribuição dos líquens e mixomicetos foram tamanho da copa (FOD e manguezais) e abertura de dossel (restingas); o pH do córtex destacou-se como o filtro microambiental de maior influência em todos os ambientes. A coocorrência entre líquens e mixomicetos foi evidenciada nas três áreas de manguezal e na restinga de Cabedelo, com índices observados menores que a média dos índices simulados; as restingas de Guadalupe, Sibaúma e a FOD apresentaram indícios de coocorrência, porém não

significativos ($p \geq 5\%$). As simulações com modelo de linhas equiprováveis vs colunas fixas, indicaram que as comunidades dos organismos estudados não estão estruturadas ao acaso. As famílias mais representativas em termos de coocorrência foram Liceaceae e Trichiaceae (mixomicetos), Pyrenulaceae, Caliciaceae e Graphidaceae (liquens). As espécies *Pyrenula ochraceoflava* e *Cribraria confusa* (manguezais), *C. confusa*, *Arthonia complanata* e *Graphis pinicola* (restingas) apresentaram os maiores scores de coocorrência. Conclui-se que atributos morfofuncionais ou de história de vida favorecem a coocorrência entre liquens e mixomicetos.

Palavras-chave: Corologia; Ecologia; Fungos liquenizados; Manguezal; Myxogastria.

ABSTRACT

The co-occurrence between myxomycetes and lichens can be favoured by thallus architecture of the lichens which retains moisture and important detritus for the growth of bacteria and fungi, food sources for myxomycetes. The existence of co-occurrence between lichens and corticolous myxomycetes was studied, in addition to factors that regulate its presence and distribution in Atlantic Forest, Mangrove and Restinga environments of the Pernambuco Center of Endemism, northeastern Brazil. Specimens and bark samples were gathered in three areas of mangroves and restingas and one dense ombrophilous forest (DOF), located since Alagoas to Rio Grande do Norte states. The occurrence of lichens/myxomycetes were examined on 240 phorophytes, explored in a range of 0.6 m around the trunk at 1.30 m high. In addition, were collected 720 samples of cortex used to moist chamber production. Lichens and myxomycetes found in the same moist chamber were computed to co-occurrence analysis measured from *C-score* and *pairwise* indexes (EcoSim program). Diversity of species, community and Anova were checked in the *Rproject program*. Multivariate analysis (CCA) was used to evaluate the influence of environment filters on species distribution. A total of 51 species of lichens were identified from mangrove and 57 from restinga, mostly Ostropales (35–84%) and Graphidaceae (Lecanoromycetes). The lichenobiota composition in mangroves was different for species (25–44%), but similar to genera (41–75%); in the restinga, were different in both (0–25%; 0–26%). The DOF recorded high taxonomic diversity ($S/G= 1.72$), however smaller than the Cabedelo restinga ($S/G= 1.0$). Thirty-seven species were added to the number known for mangroves and 53 for restingas. The myxomycetes were diverse in DOF environment (17 spp; $S/G=2.12$), with emphasis to Trichiales and Liceales. Between 59–82% of the number of taxa predicted by the wealth estimators was reached. The restinga (34 spp; $S/G=2.12$) and mangrove (32 spp; $S/G=2.46$) were similar in taxonomic diversity. *Diderma aglomerospora* (restinga) has been described as new species for science and *Licea testudinacea* as the first reference worldwide in mangrove environment. The environmental filters that more influenced lichens and myxomycetes distribution were size of the crown (DOF and mangrove) and canopy opening (restingas); the bark pH stood out as microenvironmental filter with greatest influence in the ecosystems. The co-occurrence between lichens and myxomycetes was evidenced in the three mangroves areas and Cabedelo restinga, with observed indexes smaller (C-score) than the mean of the simulated indexes; restingas of the Guadalupe and Sibaúma in addition to DOF showed co-occurrence evidence, however not significant at the 5% level. Simulations with equiprobable rows vs fixed columns,

suggest that the community of the studied organisms are not structured at random. Liceaceae and Trichiaceae (myxomycetes), Pyrenulaceae, Caliciaceae and Graphidaceae (lichens) were the most representative families in terms of co-occurrence. The species with the biggest scores of co-occurrence were *Pyrenula ochraceoflava* and *Cribraria confusa* (mangroves), *C. confusa*, *Arthonia complanata* and *Graphis pinicola* (restingas). It is concluded that morphofunctional attributes or life history favour the co-occurrence between lichen and myxomycetes.

Key-words: Co-occurrence; Myxogastria; Lichenized fungi; Ecology; Pernambuco Endemism Center.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 1 – | Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil e localização das Unidades de Conservação estudadas..... | 40 |
| Figura 2 – | Áreas de estudo situadas no Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil. APA de Guadalupe, Pernambuco. A: Manguezal, B: Restinga. FLONA de Cabedelo, Paraíba. C: Manguezal, D: Restinga..... | 45 |
| Figura 3 – | Áreas de estudo, situadas no Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil. Mata da Pipa (Sibaúma), Rio Grande do Norte. A: Manguezal (às margens do Rio Catú), B: Restinga. REBIO de Pedra Talhada, Alagoas, C,D: Floresta Ombrófila Densa..... | 46 |
| Figura 4 – | Tipos de rugosidade do córtex. I: casca lisa com pouco desprendimento (Figueira-da-pedra - <i>Ficus enormis</i> (Miq.) Miq.); II: casca levemente áspera (Munguba - <i>Eriotheca macrophylla</i> K. Schum.); III: casca delgada fendida longitudinalmente, desprendendo em faixas alongadas (Cedro branco - <i>Cedrela fissilis</i> Vell.); IV: casca com placas quadradas, arredondadas, retangulares e / ou alongadas (Angelim - <i>Andira nitida</i> Mart. ex Benth.)..... | 50 |
| Figura 5 – | Perfis de diversidade de líquens corticícolas crostosos em três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 57 |
| Figura 6 – | Análise de variância da riqueza de espécies de líquens corticícolas crostosos nos manguezais de Guadalupe - PE (1), Cabedelo - PB (2) e Sibaúma - RN (3), do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 61 |
| Figura 7 – | Perfis de diversidade de mixomicetos corticícolas de três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 66 |
| Figura 8 – | Análise de variância da riqueza de espécies de mixomicetos corticícolas dos manguezais de Guadalupe - PE (1), Cabedelo - PB (2) e Sibaúma - RN (3), do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 70 |
| Figura 9 – | CCA da distribuição da comunidade de líquens corticícolas crostosos nos três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco em função das variáveis: A - presentes nas forófitas, B - mensuradas nos cultivos em câmara-úmida..... | 74 |
| Figura 10 – | CCA da distribuição da comunidade de mixomicetos corticícolas de três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco em função das variáveis: A - mensuradas nos cultivos de câmara-úmida, B - presentes nas forófitas..... | 77 |
| Figura 11 – | Perfis de diversidade de líquens corticícolas crostosos das restingas estudadas do Centro de Endemismo Pernambuco..... | 84 |
| Figura 12 – | Análise de variância da riqueza de líquens corticícolas crostosos das restingas de Cabedelo - PB, Guadalupe - PE e Sibaúma - RN (Centro de | |

| | | |
|-------------|--|-----|
| | Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil)..... | 85 |
| Figura 13 – | Perfis de diversidade de mixomicetos corticícolas das três áreas de Restinga estudadas do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 94 |
| Figura 14 – | Análise de variância da riqueza de mixomicetos corticícolas das restingas de Cabedelo, Guadalupe e Sibaúma (Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil)..... | 95 |
| Figura 15 – | <i>Diderma agglomerospora</i> D.I. Barbosa & L.H. Cavalcanti. Representações do esporângio A,B,C (Columela e perídio), Capilício D (Escala=5µm), E (Escala=10µm), Esporos F (Escala=3µm), G (Escala=4µm), H (Escala=10µm), I (Escala=5µm)..... | 98 |
| Figura 16 – | CCA da distribuição da comunidade de mixomicetos corticícolas de restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil, em função das variáveis: A - presentes nas forófitas, B - mensuradas nos cultivos de câmara-úmida..... | 100 |
| Figura 17 – | CCA da distribuição da comunidade de líquens corticícolas crostosos de restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil, em função das variáveis: A - presentes nas forófitas, B - mensuradas nos cultivos de câmara-úmida..... | 102 |
| Figura 18 – | Curva de acumulação de espécies de líquens corticícolas crostosos de Floresta Ombrófila Densa (REBIO Pedra Talhada - AL), do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 105 |
| Figura 19 – | Curva de acumulação de espécies de mixomicetos corticícolas de Floresta Ombrófila Densa (REBIO Pedra Talhada - AL) do Centro de Endemismo, Nordeste do Brasil..... | 109 |
| Figura 20 – | CCA da distribuição da comunidade de mixomicetos corticícolas de Floresta Ombrófila Densa (REBIO de Pedra Talhada-AL) componente do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil, em função de variáveis ambientais. Legenda: Can (T) - diâmetro da copa; Cannopy (O) - abertura de dossel; pH - acidez..... | 112 |
| Figura 21 – | A - Médias de pH do substrato onde ocorreram ordens de mixomicetos corticícolas da Floresta Ombrófila Densa (REBIO de Pedra Talhada) componente do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil. B - Cluster baseado nas médias de pH (Método= Distância euclidiana)..... | 114 |
| Figura 22 – | CCA da distribuição da comunidade de líquens corticícolas crostosos de Floresta Ombrófila Densa (REBIO de Pedra Talhada-AL) componente do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil, em função de variáveis ambientais. Legenda: Can (T) - diâmetro da copa; pH - acidez..... | 115 |

- Figura 23 – **A-** Médias de pH do substrato onde ocorreram gêneros de líquens corticícolas crostosos em fragmento de Floresta Ombrófila Densa (REBIO de Pedra Talhada) componente do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil. **B-** Cluster baseado nas médias de pH (Método= Distância euclidiana)..... 117
- Figura 24 – Simulação das frequências (eixo Y) vs simulação de médias (eixo X) de C-scores e variâncias obtidos de 10,000 randomizações. A-C: Manguezal; D-F: Restinga; G: Floresta Ombrófila Densa. (*) Índice observado; (↓) média de índices simulados..... 129
- Figura 25 – Cluster com espécies de líquens e mixomicetos corticícolas com os maiores scores (pairwise) de coocorrência. Manguezais: A- APA de Guadalupe (PE); B- FLONA de Cabedelo (PB); C- Mata da Pipa, Sibaúma (RN). Restinga: D- FLONA de Cabedelo (PB). (Distância de Bray-Curtis)..... 130

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabela 1 – | Espécies de líquens corticícolas crostosos presentes em três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 53 |
| Tabela 2 – | Similaridade de gêneros e espécies entre as comunidades de líquens corticícolas crostosos registradas em três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 56 |
| Tabela 3 – | Estimadores de riqueza de espécies de líquens corticícolas crostosos presentes em três unidades de conservação de manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 58 |
| Tabela 4 – | Riqueza alcançada de líquens corticícolas crostosos coletados em três unidades de conservação de manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 59 |
| Tabela 5 – | Análise de variância da riqueza de líquens corticícolas crostosos nos manguezais de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma (Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil)..... | 60 |
| Tabela 6 – | Teste de Tukey (95% conf.). Múltipla comparação entre médias da riqueza de líquens corticícolas crostosos coletados nos manguezais de Guadalupe (1), Cabedelo(2) e Sibaúma(3), no Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 60 |
| Tabela 7 – | Espécies e índices de indicação de mixomicetos corticícolas coletados em três unidades de conservação de manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 64 |
| Tabela 8 – | Estimadores de riqueza de espécies de mixomicetos corticícolas presentes em três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 66 |
| Tabela 9 – | Riqueza alcançada de espécies de mixomicetos corticícolas em três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 67 |
| Tabela 10 – | Similaridade na composição das mixobiotas corticícolas registradas em três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 68 |
| Tabela 11 – | Análise de variância da riqueza de espécies de mixomicetos corticícolas dos manguezais de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma (Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil)..... | 69 |
| Tabela 12 – | Teste de Tukey (95% conf.). Múltipla comparação entre médias da riqueza de mixomicetos corticícolas coletados nos manguezais de Guadalupe(1), Cabedelo (2) e Sibaúma(3), do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 69 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Tabela 13 – | Espécies e valores de indicação de líquens corticícolas crostosos presentes em três áreas de restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 81 |
| Tabela 14 – | Análise de variância da riqueza de líquens corticícolas crostosos presentes nas restingas de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma, que integram o Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 85 |
| Tabela 15 – | Teste de Tukey (95% conf.). Múltipla comparação entre médias da riqueza de espécies de líquens corticícolas crostosos ocorrentes nas restingas de Guadalupe(1), Cabedelo(2) e Sibaúma(3), do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 86 |
| Tabela 16 – | Estimadores de riqueza de espécies de líquens corticícolas crostosos presentes em três restingas do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 87 |
| Tabela 17 – | Percentual de riqueza alcançado de espécies de líquens corticícolas crostosos presentes em três restingas do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 87 |
| Tabela 18 – | Coefficiente de comunidade de líquens corticícolas crostosos em três restingas do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 88 |
| Tabela 19 – | Espécies e valores de indicação de mixomicetos corticícolas presentes em três áreas de Restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 90 |
| Tabela 20 – | Estimadores de riqueza de espécies de mixomicetos presentes em três áreas de Restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 93 |
| Tabela 21 – | Riqueza alcançada de mixomicetos corticícolas coletados em três áreas de Restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 93 |
| Tabela 22 – | Coefficiente de comunidade de mixomicetos corticícolas presentes em três áreas de Restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 94 |
| Tabela 23 – | Análise de variância da riqueza de mixomicetos corticícolas das restingas de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma (Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil)..... | 95 |
| Tabela 24 – | Teste de Tukey (95% conf.). Múltipla comparação entre médias da riqueza de mixomicetos corticícolas das restingas de Guadalupe (1), Cabedelo (2) e Sibaúma (3), Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 96 |
| Tabela 25 – | Espécies e índices de indicação de líquens corticícolas crostosos coletados em Floresta Ombrófila Densa (Reserva Biológica de Pedra Talhada - AL), Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 103 |
| Tabela 26 – | Análise de variância da riqueza de líquens corticícolas crostosos coletados | |

| | | |
|-------------|--|-----|
| | em Floresta Ombrófila Densa (Reserva Biológica de Pedra Talhada - AL), Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 104 |
| Tabela 27 – | Espécies e índices de indicação de mixomicetos corticícolas coletados em Floresta Ombrófila Densa (Reserva Biológica de Pedra Talhada - AL), Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 107 |
| Tabela 28 – | Distribuição de mixomicetos corticícolas de Floresta Ombrófila Densa (Reserva Biológica de Pedra Talhada - AL), Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil, em função das classes de pH..... | 112 |
| Tabela 29 – | Distribuição de líquens corticícolas crostosos em fragmento de Floresta Ombrófila Densa (Reserva Biológica de Pedra Talhada), Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil, em função das classes de acidez do substrato..... | 115 |
| Tabela 30 – | Teste de Mantel entre matrizes de distância de líquens e mixomicetos corticícolas em função das características ambientais e posição geográfica nos ambientes estudados do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 119 |
| Tabela 31 – | Análise de Checkerboard/Índice C-score entre espécies de líquens e mixomicetos corticícolas em ambientes de manguezal, restinga e floresta ombrófila Densa do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil..... | 127 |

SUMÁRIO

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1 | PROBLEMATIZAÇÃO..... | 15 |
| 1.1.1 | Coocorrência..... | 15 |
| 1.1.2 | Líquens..... | 15 |
| 1.1.2.1 | Associação entre líquens e outros organismos..... | 17 |
| 1.1.3 | Mixomicetos..... | 19 |
| 1.1.3.1 | Associação entre mixomicetos e outros organismos..... | 21 |
| 1.1.4 | Casca do tronco das forófitas..... | 23 |
| 1.1.5 | Mixomicetos corticícolas..... | 25 |
| 1.1.6 | Líquens corticícolas crostosos..... | 27 |
| 1.1.7 | Centro de Endemismo Pernambuco..... | 28 |
| 1.1.9 | Ecosistemas associados da Floresta Atlântica..... | 31 |
| 1.1.10 | Manguezal..... | 31 |
| 1.1.11 | Restinga..... | 35 |
| 1.2 | OBJETIVOS..... | 39 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral..... | 39 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos..... | 39 |
| 2 | METODOLOGIA..... | 39 |
| 2.1 | ÁREAS DE COLETA..... | 39 |
| 2.1.1 | Parque estadual Mata da Pipa (PEMP)..... | 40 |
| 2.1.2 | Floresta Nacional (FLONA) de Cabedelo..... | 41 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.1.3 | Área de Proteção Ambiental (APA) de Guadalupe..... | 42 |
| 2.1.4 | Reserva Biológica (REBIO) de Pedra Talhada..... | 43 |
| 2.2.1 | Coleta de material liquênico, espécimes de mixomicetos e de amostras do córtex..... | 46 |
| 2.3.1 | Identificação e herborização dos espécimes..... | 47 |
| 2.4.1 | Extração de DNA, PCR e sequenciamento..... | 47 |
| 2.4.1.1 | Análises filogenéticas..... | 49 |
| 2.5.1 | Caracterização do microambiente..... | 49 |
| 2.6.1 | Análise dos dados..... | 51 |
| 3 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS..... | 52 |
| 3.1 | LIQUENS E MIXOMICETOS DO MANGUEZAL DO CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO..... | 52 |
| 3.1.1 | Liquens..... | 52 |
| 3.1.1.1 | Espécies Indicadoras..... | 60 |
| 3.1.2 | Mixomicetos..... | 62 |
| 3.1.2.1 | Espécies Indicadoras..... | 69 |
| 3.1.3 | Influência de fatores ambientais na composição das comunidades de liquens e mixomicetos de manguezal..... | 70 |
| 3.1.3.1 | Liquens de manguezal..... | 71 |
| 3.1.3.2 | Mixomicetos de manguezal..... | 73 |
| 3.2 | LIQUENS E MIXOMICETOS DE RESTINGA DO CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO..... | 76 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 3.2.1 | Liquens..... | 76 |
| 3.2.1.1 | Espécies Indicadoras..... | 87 |
| 3.2.2 | Mixomicetos..... | 88 |
| 3.2.2.1 | Espécies Indicadoras..... | 95 |
| 3.2.3 | Influência de fatores ambientais na composição de liquens e mixomicetos de restinga..... | 97 |
| 3.2.3.1 | Mixomicetos de restinga..... | 97 |
| 3.2.3.2 | Liquens de restinga | 99 |
| 3.3 | LIQUENS E MIXOMICETOS DE FLORESTA ATLÂNTICA DO CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO..... | 101 |
| 3.3.1 | Liquens de Floresta Ombrófila (Pedra Talhada - AL)..... | 101 |
| 3.3.1.2 | Espécies indicadoras..... | 105 |
| 3.3.2 | Mixomicetos de Floresta Ombrófila (Pedra Talhada - AL).... | 105 |
| 3.3.2.1 | Espécies indicadoras..... | 108 |
| 3.3.3 | Influência de fatores ambientais na composição de liquens e mixomicetos de floresta ombrófila..... | 109 |
| 3.3.3.1 | Mixomicetos de Floresta Atlântica (Pedra Talhada -AL)..... | 109 |
| 3.3.3.2 | Liquens de Floresta Atlântica..... | 113 |
| 3.3.2 | Influência da distância geográfica na distribuição de liquens e Mixomicetos..... | 115 |
| 3.4 | COOCORRÊNCIA ENTRE LIQUENS E MIXOMICETOS CORTICÍCOLAS EM ÁREAS DE FLORESTA ATLÂNTICA E ECOSSISTEMAS ASSOCIADOS DO CENTRO DE | |

| | | |
|-------|--|------------|
| | ENDEMISMO PERNAMBUCO..... | 117 |
| 3.5 | INFLUÊNCIA DOS PRINCIPAIS FATORES AMBIENTAIS NA LIQUENOBIOTA E MIXOBIOTA..... | 131 |
| 3.5.1 | Abertura de dossel..... | 131 |
| 3.5.2 | Retenção de água e pH..... | 134 |
| 3.5.3 | Acidez das cascas das árvores..... | 136 |
| 3.5.4 | Diâmetro dos troncos..... | 141 |
| 3.5.5 | Rugosidade da casca das forófitas..... | 143 |
| 4 | CONCLUSÕES..... | 145 |
| | REFERÊNCIAS..... | 147 |
| | APÊNDICE A – PUBLICAÇÕES COM RELATOS DE COEXISTÊNCIA E/OU ASSOCIAÇÕES ENTRE MIXOMICETOS E/OU LIQUENS E OUTROS ORGANISMOS.. | 162 |
| | APÊNDICE B – ESPÉCIES DE LIQUENS MAIS COMUNS, IDENTIFICADAS NOS ECOSSISTEMAS ESTUDADOS DO CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO..... | 170 |

1 INTRODUÇÃO

A dinâmica das populações que habitam um mesmo ecossistema e suas respostas frente aos fatores micro-ambientais são processos que precisam ser esclarecidos, pois envolvem espécies que compartilham os mesmos nichos (Faust et al. 2012). Em cada ambiente, diferentes grupos de organismos estabelecem relações inter e intraespecíficas, resultando em respostas antagônicas (parasitismo, competição) ou simbióticas, como é o caso da facilitação, em que um dos organismos envolvidos, pela presença ou atividade trófica, torna o micro-ambiente mais propício ao desenvolvimento e ocupação por indivíduos de outras espécies (Ricklefs, 2010). Nesses processos interativos, os organismos são encontrados co-ocorrendo, como demonstrado por Powell (2013) em estudo realizado em fragmento de Floresta Atlântica no sul da Bahia, onde relata que 77% das espécies dos mixomicetos inventariadas estavam co-ocorrendo com 86% dos fungos lignocelulolíticos afiloforóides inventariados na mesma ocasião.

Os líquens são unidades biológicas estáveis resultantes de associações simbióticas entre algas ou cianobactérias (fotobionte) e fungos (micobionte). Os fungos que participam desta associação são denominados fungos liquenizados e pertencem aos grupos Ascomycota e Basidiomycota, incluindo linhagens de leveduras (Alexopoulos et al. 1996, Kendrick, 2000, Spribille et al. 2016). Essas associações permitem que os líquens se estabeleçam em ambientes antes não ocupados isoladamente pelo micobionte ou ficobionte.

Os mixomicetos são organismos unicelulares, eucariotos, que se apresentam no ambiente terrestre na forma macroscópica por meio de esporocarpos, ou como plasmódios multinucleados fagotróficos e predadores de microrganismos, como fungos e bactérias (Gray & Alexopoulos, 1968). Reconhecidamente cosmopolitas, os mixomicetos distribuem-se em regiões tropicais, subtropicais, temperadas e frias, utilizando diferentes tipos de substrato (casca de árvores vivas, troncos mortos caídos ou ainda em pé, folheto aéreo ou de solo, plantas suculentas, fungos, musgos e líquens) para o desenvolvimento e esporulação (Martin & Alexopoulos, 1969. Stephenson & Rojas, 2017).

Troncos de árvores vivas são importantes microambientes para líquens e mixomicetos (Snell & Keller 2003, Cáceres et al. 2007, Everhart & Keller 2008, Mežaka et al. 2008, Rosabal et al. 2013) sendo a riqueza, frequência e abundância das espécies, bem como a composição da liquenobiota e mixobiota influenciadas pelas características bióticas e abióticas das forófitas e pelo ambiente onde estão inseridas. Na região Nordeste do Brasil, líquens corticícolas crostosos e microfoliosos foram analisados quanto à distribuição e

preferência por habitats em áreas de Floresta Atlântica e Caatinga (incluindo brejos de altitude), com registro de 456 espécies; foram representativas para Floresta Atlântica espécies de *Arthonia* Ach., *Coenogonium* Ehrenb. ex Nees., *Malcolmiella* Vezda. e *Porina* Müll. Arg. *Lecanactis epileuca* (Nyl.) Tehler, *Sagenidiopsis undulata* (Fée) Egea e *Lopezaria versicolor* (Fée) Kalb. & Hafellner destacaram-se como táxons representativos de áreas montanas, enquanto espécies de *Baculifera* Marbach & Kalb., *Dirinaria* (Tuck.) Clem., *Lecanora* Ach. e *Pertusaria* DC. foram encontradas frequentemente em ambientes de Caatinga (Cáceres et al. 2008). Dados recentes que incluem informações sobre Floresta Atlântica, manguezal e restinga na região Nordeste contabilizam aproximadamente 800 espécies de líquens, quase todas (90%) corticícolas. Atualmente, estima-se que no domínio da Mata Atlântica 1017 espécies de líquens estejam presentes em ambiente de floresta úmida e 1527 em outros ambientes associados à Floresta Atlântica (Caceres et al. 2017).

A mixobiota de 12 fragmentos de Floresta Atlântica distribuídos nos estados de Pernambuco e Alagoas foi analisada por Cavalcanti et al. (2006), evidenciando uma apreciável riqueza de espécies. Espécies raras no Brasil ocorrem nos fragmentos explorados, como *Lycogala conicum* Pers. e *Trichia favoginea* (Batsch) Pers., a primeira delas sendo sugerida para integrar a lista de espécies ameaçadas. Em um fragmento de Floresta Ombrófila de Terras Baixas situado em Pernambuco (Reserva Ecológica Estadual de Dois Irmãos), Rufino & Cavalcanti (2007) analisaram a influência da ação antrópica durante duas décadas e seus efeitos sobre a abundância, composição e diversidade dos mixomicetos e verificaram o aumento da frequência e abundância de algumas espécies em detrimento de outras; os autores consideraram *Alwisia bombardata* Berk. & Broome como indicadora de fragmentos em estado de antropização. Todos os fragmentos estudados pelos autores citados se incluem o Centro de Endemismo Pernambuco (CEPE) que atualmente é considerado uma das áreas de prioridade para conservação de biodiversidade no mundo (Lemos 2010).

Os índices de riqueza e diversidade taxonômica que a mixobiota corticícola do CEPE apresenta são comparáveis aos registrados em ambientes de floresta temperada por Snell & Keller (2003) e Everhart & Keller (2008). Foram identificadas 73 espécies de Myxomycetes, distribuídas em diferentes tipos de fitofisionomias de Floresta Atlântica, Restinga e Manguezal (Barbosa et al 2016). Entre as espécies mais comuns destacam-se *Arcyria cinerea* (Bull.) Pers., *Clastoderma debaryanum* A. Blytt, *Cribraria confusa* Nann.-Bremek. & Y. Yamam., *C. violacea* Rex e *Echinostelium minutum* de Bary; ocorrem também espécies raras no Brasil, como *Comatricha longipila* Nann.-Bremek., *Licea pedicellata* (H.C. Gilbert) H.C. Gilbert, *Paradiachaeopsis longipes* Hooff & Nann.-Bremek., *Perichaena calongei* Lado, D.

Wrigley & Estrada e *Stemonaria fuscooides* Nann.-Bremek. & Y. Yamam. No presente estudo, foram analisadas espécies de mixomicetos e líquens corticícolas que habitam fragmentos de Floresta Atlântica e ecossistemas associados do Centro de Endemismo Pernambuco, analisando-se suas respostas frente a fatores micro-ambientais e pesquisando-se a existência de coocorrência entre espécies dos dois grupos, ainda pouco conhecida no mundo.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

1.1.1 Coocorrência

Um dos principais objetivos da ecologia é compreender a estrutura dos grupos de organismos na natureza e como eles se relacionam. De acordo com Veech (2013), os padrões que modulam as relações de coocorrência começaram a ser melhor conhecidos a partir das pesquisas sobre pássaros desenvolvidas por Diamond (1975).

A coocorrência pode resultar de relações positivas ou negativas entre espécies que buscam recursos similares sendo que esse processo pode ser decorrente de interações mutualísticas ou de competição (Ovaskainen et al. 2010) ou de outros mecanismos, tais como não sobreposição de habitats ou nichos, relações sintróficas, efeito histórico ou ainda processos de neutralidade (Horner-Devine et al. 2007).

Apesar das fortes diferenças entre micro e macrorganismos, estudos apontam similaridade de padrões ecológicos entre ambos (Martiny et al. 2006, Horner-Devine et al. 2007). Nesse contexto, a relação entre os táxons não é aleatória e, muitas vezes, padrões similares entre espécies são respostas a variações micro ou macro-ambientais similares. Diante dessa problemática, um dos principais questionamentos na atualidade é saber até que ponto a coocorrência é responsável pela estrutura organizacional das comunidades (Veech, 2013).

1.1.2 Líquens

As formas liquenizadas de fungos foram um importante passo evolutivo, especialmente para o filo Ascomycota. Uma das abordagens desse processo evolutivo indica que fungos liquenizados são ancestrais de grandes linhagens de fungos não liquenizados.

Evidências baseadas em dados filogenéticos e moleculares apontam que a evolução de algumas linhagens de Ascomycota e Basidiomycota ocorreu de forma independente do processo de liquenização (Eriksson, 2005).

Os líquens exercem um importante papel nos diversos ecossistemas sendo importantes como organismos pioneiros em rochas, solo (saxícolas e terrícolas) e na ciclagem de nutrientes (Käffer 2005, Santiago et al. 2018). Ressalta-se ainda seu uso como alimento (Grueter et al. 2009, Redzic et al. 2010), medicamentos e cosméticos (Nash, 2008, Varvaresou et al. 2009). Por serem encontrados em uma diversidade de ambientes, sejam áreas urbanas ou naturais, também estão envolvidos de forma direta no monitoramento da qualidade do ar e contaminação por metais pesados além de atuarem na produção de substâncias bioativas (Llop et al. 2012, Pereira et al. 2012, 2017, 2019). Esses seres são muito sensíveis às mudanças na intensidade de luz, temperatura e umidade, principalmente em ambientes florestais, por isso, são amplamente utilizados como bioindicadores de áreas preservadas (Estrabou et al. 2011, Kularatne & Freitas, 2013).

Estima-se que existam entre 2,2 a 3,8 milhões de espécies de fungos em todo o mundo (Hawksworth, 1991, Hawksworth & Lücking 2017). Entre eles, os fungos liquenizados reproduzem-se pela liberação de esporos ou de isídios e sorédios (propagação vegetativa). Dentre as diversas formas de talo, os líquens crostosos distinguem-se dos foliosos, fruticosos, esquamulosos e filamentosos por serem achatados e fortemente aderidos ao substrato, dificultando muitas vezes sua distinção dos troncos das árvores onde vivem como corticícolos (Kendrick, 2000). Tal como ocorre nas plantas, a variação morfológica dos líquens parece estar intimamente ligada à potencialidade fotossintética nas variadas condições ambientais onde estão inseridos (Will-Wolf & Lücking, 2016). Segundo Sanders (2001), a morfologia e disposição dessas estruturas apontam para uma convergência evolutiva universalmente adquirida para exposição de uma maior área de contato para realização da fotossíntese.

A natureza simbiótica dos líquens começou a ser estudada na segunda metade do século XIX por Simon Schwendener, quando não se conhecia sua complexidade estrutural e eram tratados como organismos únicos, similares a briófitas, algas e outros fungos (Bates et al. 2011, 2012, Will-Wolf & Lücking, 2016). Somente a partir do trabalho de Hawksworth (1988) a estreita associação entre algas verdes (Trebouxiophyceae ou Trentepohliophyceae), cianobactérias ou, em casos muito raros, de Heterokontophyta, e de fungos do filo Ascomycota (cerca de 99%) começou a ser comumente conhecida e aceita. Com as atualizações de Spribille et al. (2016) a compreensão sobre os líquens foi ampliada. Após essa

importante contribuição chegou-se à conclusão de que linhagens de leveduras, particularmente do gênero *Cyphobasidium* Millanes, Diederich & Wedin, fazem parte da região cortical de alguns macrolíquens da família Parmeliaceae Zenker.

1.1.2.1 Associação entre líquens e outros organismos

Os líquens são comparados a pequenos e pontuais “hotspots” onde se estabelecem diversos organismos, formando um complexo micro-ecossistema (Arnold et al. 2009, Anderson, 2014; Hawksworth & Grube 2020; Mark et al. 2020). De fato, o talo liquênico oferece microambientes para desenvolvimento de macro e microrganismos e importantes contribuições já foram dadas envolvendo a relação com vertebrados e invertebrados (Asplund & Gauslaa, 2008, Gough et al. 2008, Will-Wolf & Lücking, 2016). Devido à sua composição e arquitetura esses talos são capazes de reter umidade e armazenar detritos importantes para o crescimento de bactérias e fungos endoliquênicos (Grube et al. 2009, Will-Wolf & Lücking, 2016). Envoltos nesse microambiente, espécies de mixomicetos como *Paradiacheopsis fimbriata* (G. Lister & Cran) Hertel ex Nann.-Bremek., registrada sobre *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. e *Diacheopsis insessa* (G. Lister) B. Ing, sobre espécies de *Physcia* (Schreb.) Michx., *Pyxine* Fr. e *Parmelia* Ach. foram classificadas por Ing (1994) como liquenícolas.

Ao se deslocar pelos talos liquênicos, moluscos contribuem para a dispersão das estruturas reprodutivas dos líquens (Will-Wolf & Lücking, 2016). Além disso, em sua ampla rede interativa esses organismos são capazes de limitar a ação de pequenos animais pela emissão de ácidos produzidos em seus talos, tal como ocorre com *Lobaria pulmonaria* L. Hoffm. (Lobariaceae) (Asplund & Gauslaa, 2008). Espécies de *Cladonia* P. Browne. podem servir de alimento para mamíferos de regiões frias e serem utilizadas por aves como ninhos e por sapos para camuflagem (Gough et al. 2008, Will-Wolf & Lücking, 2016).

Devido à composição e arquitetura de seus talos, os líquens são capazes de reter umidade e armazenar detritos importantes para o crescimento de bactérias e fungos endoliquênicos (Grube et al. 2009, Will-Wolf & Lücking, 2016). Todavia, são escassos os trabalhos que envolvem associações dos líquens com bactérias (Grube et al. 2009), mixomicetos (Ing 1994, Anderson 2014, Bock & Anderson, 2015) e fungos liquenícolas, que podem atuar como saprofiticos, colonizando o talo de líquens mortos ou como parasitas, que

fixam o carbono de líquens hospedeiros vivos (Lawrey & Diederich, 2003). A maioria dos líquens é formada por algas verdes e a captação e fixação de nitrogênio atmosférico (N₂) se torna inviável, embora bactérias presentes no talo possam suprir as deficiências nutricionais, incluindo a absorção de fósforo e aminoácidos (Bates et al. 2011). Nas associações obrigatórias com fungos liquenícolas, formam-se nos talos estruturas semelhantes a galhas ou orbículas, tal como observado em *Biatoropsis usnearum* Räsänen, primeiro táxon documentado associado a espécies do gênero *Usnea* Dill. ex Adans. (Lawrey & Diederich, 2003).

Diversos trabalhos apontam que os líquens abrigam em seus talos uma vasta comunidade de bactérias, essas muitas vezes formando uma camada considerável sobre o córtex dos líquens (Grube et al. 2009, Bates et al. 2011). Analisando talos de líquens, Hodkinson & Lutzoni (2009) revelaram a presença de acidobactérias extremofílicas (Acetobacteraceae e Brucellaceae), além de linhagens de *Methylobacterium* (Patt, Cole and Hanson) emend. Green and Bousfield e Rhizobiales. Os mixomicetos são organismos predominantemente bacterívoros e algumas espécies, como *Paradiacheopsis fimbriata* (G. Lister & Cran)

Hertel ex Nann.-Bremek., comumente registrada sobre *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., e *Diacheopsis insessa* (G. Lister) B. Ing, encontrada sobre espécies de *Physcia* (Schreb.) Michx., *Pyxine* Fr., e *Parmelia* Ach. foram classificadas como liquenícolas (Ing 1994).

Na tentativa de investigar a associação entre líquens, bactérias, protistas amebóides e comunidades microbianas eucarióticas, Anderson (2014) trouxe uma das poucas contribuições envolvendo associação entre líquens e mixomicetos. A análise de coocorrência foi feita com a utilização de espécies de talo folioso dos gêneros *Physcia*, *Flavoparmelia* Hale, *Evernia* e *Parmelia* coletados sobre a casca de espécies de *Quercus* L. O autor destacou que em 81,8% do total das amostras foram encontrados plasmódios de mixomicetos, com destaque para as provenientes da Flórida e do Alasca. Bock & Anderson (2015) aprofundaram-se no entendimento das relações entre líquens e outros micro-rganismos, incluindo os mixomicetos. Foram coletados líquens foliosos do gênero *Flavoparmelia* sobre rochas de um Campus de observação (Lamont-Doherty Earth), em Nova York (Estados Unidos). Foram analisados três segmentos do lóbulo radial dos líquens, considerando-se uma porção interna, uma intermediária com comunicação entre a porção mais interna e a periferia e uma porção mais externa e mais espessa. Foi verificada maior quantidade de mixomicetos e espécies de amebas lobadas na porção mais externa. Segundo os autores, a porção mais externa torna-se mais espessa e esponjosa com a idade do talo, o que favorece uma maior absorção de água quando

comparada às porções mais internas. Isso certamente propicia um gradiente micro-ecológico que interfere na composição e disposição das comunidades microbianas nos respectivos segmentos.

Ainda há muito a se explorar sobre a ecologia dos líquens, pois a maioria das publicações científicas está direcionada a levantamentos taxonômicos, apresentação de novas espécies, distribuição, monitoramento de ar ou composição de ácidos liquênicos (Canêz & Marcelli, 2010, Käffer et al. 2010a,b, Marcelli & Benatti, 2010, Jungbluth & Marcelli, 2011, Menezes et al. 2011, Cáceres et al. 2014). Investigações sobre a relação das espécies com fatores microambientais, como estudado por Cáceres et al. (2007), ou associados a microrganismos tais como bactérias (Bates et al. 2011), são escassas ou inexistentes e ainda não refletem a relevância desse campo ecológico.

1.1.3 Mixomicetos

Os mixomicetos compreendem um reduzido grupo de organismos do supergrupo Amebozoa, com cerca de 1000 espécies (Pawlowski & Burki, 2009, Stephenson & Rojas, 2017, Lado, 2020). Apresentam fase propagativa esporulante, com esporos haplóides e uninucleados semelhantes aos dos fungos que ao germinarem podem expressar, dependendo da umidade, dois tipos de células permutáveis entre si: uma de forma alongada e fusiforme provida de dois flagelos, um curto e outro longo, utilizados para locomoção em lâminas de água (mixoflagelado), outra com cerca de 10 μm que se movimenta mais lentamente por meio de pseudópodos e são adaptadas a ambientes mais secos ou úmidos (mixoamebas). Por compatibilidade sexual ou agregação de grupos de clones mixoamebas/mixoflagelados formam uma massa protoplasmática móvel, unicelular e multinucleada conhecida como plasmódio (Alexopoulos et al. 1996, Schnittler, 2000; Snell & Keller, 2003). Durante esse estágio do ciclo de vida, os plasmódios emitem seus pseudópodos para locomoção e sua sobrevivência é garantida pelo fagotrofismo de bactérias e hifas. Posteriormente, influenciados por fatores externos como luz, temperatura, disponibilidade hídrica e de nutrientes, os plasmódios originam esporângios de complexidade, dimensões, formatos e cores variáveis. Ao expor seus esporocarpos, os mixomicetos favorecem a dispersão dos esporos através do vento, água ou animais (Gray & Alexopoulos, 1968, Cavalier-Smith et al. 2015).

Nas monografias clássicas, como as de Martin & Alexopoulos (1969) e Martin et al. (1983), são reconhecidas três subclasses (Ceratiomyxomycetidae, Myxogastromycetidae,

Stemonitomycetidae) e seis ordens de mixomicetos, porém evidências com base em estudos moleculares apontam que algumas não serão mantidas, uma vez que foram formuladas apenas sob evidências morfológicas (Stephenson & Rojas, 2017). Em abordagens filogenéticas, os mixomicetos estão distribuídos em duas subclasses, Lucisporomycetidae e Columellomycetidae. A primeira, engloba representantes de esporos claros (Cribrariales considerada a mais basal, Reticulariales, Liceales e Trichiales) e a segunda inclui mixomicetos de esporos escuros (Echinosteliales a mais basal, Clastodermatales, Meridermatales, Stemonitidales, Physarales e Stemonitidales).

Os mixomicetos estão presentes nos hemisférios Norte e Sul, em variados tipos de ecossistemas e micro-habitats, exceto o marinho. Aproximadamente 1/3 das espécies são encontradas em ambientes específicos, como sob a neve fundente. Nas florestas tropicais úmidas, restingas e manguezais os micro-habitats mais comumente ocupados por mixomicetos são troncos mortos e folheto de solo ou aéreo (Cavalcanti & Agra 2019). A casca do tronco de árvores e arbustos vivos também se destaca como um importante micro-habitat, ocupado por espécies classificadas como corticícolas, que comumente apresentam protoplasmódio e esporocarpos muito pequenos (Ing 1994, Everhart & Keller, 2009).

Fatores físicos, químicos e biológicos incidentes nas forófitas influenciam de forma direta as espécies de mixomicetos que se desenvolvem sobre o córtex das árvores. Os protoplasmódios e afanoplasmódios das espécies corticícolas, quase sempre microscópicos, apresentam baixa mobilidade e respondem rapidamente às condições que induzem a esporulação. Normalmente se desenvolvem em únicos e pequenos esporângios (com cerca de 1 mm) , tais como espécies de *Echinostelium* de Bary, *Licea* Schrad. e *Macbrideola* H.C. Gilbert, exemplos da estratégia de curto ciclo de vida das espécies corticícolas (Stephenson & Rojas, 2017).

O conhecimento sobre os fatores que interferem na ocupação e distribuição das espécies corticícolas requer a caracterização do micro e macro-ambiente onde ocorrem, mas ainda são escassos os estudos desenvolvidos com tais objetivos. As espécies que ocorrem em florestas tropicais úmidas, restingas e manguezais ainda precisam ser compreendidas sob esse aspecto. Desse modo, informações obtidas em tais pesquisas poderão evidenciar como tais fatores podem influenciar os padrões de coocorrência entre mixomicetos e outros organismos corticícolas, como musgos e líquens.

No Brasil, poucos trabalhos foram direcionados para estudar a relação entre espécies de mixomicetos e seus micro-habitats, como os realizados por Silva & Cavalcanti (2010),

Bezerra et al. (2011) e Ferreira & Cavalcanti (2010,2011). Espécies corticícolas, em particular, foram abordadas por poucos pesquisadores, sendo melhor conhecida a mixobiota do cerrado (Cavalcanti, 1974; Bezerra & Cavalcanti, 2007; Bezerra et al. 2011, Xavier-Santos et al. 2019) e de floresta úmida e ecossistemas associados do Centro de Endemismo Pernambuco (Barbosa et al. 2016).

1.1.3.1 Associação entre mixomicetos e outros organismos

No mundo, são escassos os trabalhos que investigam as interações dos mixomicetos com outros organismos (Madelin et al. 1975, Dudka & Romanenko, 2006). No Brasil, Mobin (1997) relatou importantes interações entre representantes do gênero *Nectria* (Fr.) Fr. e espécies de *Fuligo* Haller.

Interações parasitárias são comuns entre fungos e mixomicetos na fase esporangial. Entretanto, Kalyanasundaram & Ali (1989) encontraram interações entre fungos conidiais do gênero *Volutella* e plasmódios de *Physarum nutans* Pers. Segundo esses mesmos autores espécies de *Volutella* também foram encontradas parasitando plasmódios de *Stemonitis herbatica* Peck, *Physarum flavicomum* Berk.e *Didymium minus* (Lister) Morgan de forma mais branda.

Kalyanasundaram (2004) também observou associação entre mixomicetos (Stemonitales e Physarales) e bactérias, principalmente da família Enterobacteriaceae. Constatou-se que essa associação mutualística conferiu muitos benefícios e permitiu aos organismos associados realizar funções antes não realizadas individualmente, tais como fixação de nitrogênio, degradação de madeira e folhedo, além da degradação de vários compostos que frequentemente ocorrem como poluentes ambientais. Dessa forma, quando associados mixomicetos e bactérias desempenham importantes papéis na reciclagem de nutrientes e possivelmente na biorremediação.

Kirschner et al. (2017) coletaram *Fuligo candida* Pers. [= *F. aurea* (Penz.) Y. Yamam.] sobre fragmentos de *Mangifera indica* L. em ambientes de floresta tropical de terras baixas do Panamá e relataram a associação da espécie com dípteros da família Cecidomyiidae. Segundo os mesmos autores espécies de outras famílias (Anthomyiidae, Lonchaeidae, Mycetophilidae, Sciaridae e Sphaeroceridae) da mesma ordem já foram encontradas associadas a plasmódios ou esporângios de *F. septica* (L.) F.H. Wigg. Espécies dos gêneros *Mycetophila* Meigen e *Platurocypta* Enderlein (Mycetophilidae) parecem apresentar associação específica com mixomicetos, enquanto Anthomyiidae, Drosophilidae,

Empididae, Lonchaeidae, Scatophagidae, Sciaridae, Sepsidae e Sphaeroceridae parecem ser ocasionais, pois ainda não há evidências de forte associação, desde que foram encontradas apenas uma vez sobre esporângios de mixomicetos (Kirschner et al. 2017). No Brasil, apenas Lemos et al. (2010) referem a coexistência entre mixomicetos lignícolas/foliícolas (Trichiales e Liceales) e insetos (*Baeocera* sp., Staphylinidae). Na pesquisa realizada em ambiente de Floresta úmida foram identificadas 31 espécies de mixomicetos (16 gêneros e seis famílias). Dentre elas, merecem destaque táxons de Trichiales [*Arcyria cinerea* (Bull.) Pers., *A. denudata* (L.) Wettst., *Hemitrichia calyculata* (Speg.) M.L. Farr, *H. serpula* (Scop.) Rostaf. ex Lister] e Liceales [*Lycogala epidendrum* (L.) Fr., *Tubifera microsperma* (Berk. & M.A. Curtis) G.W. Martin] que coexistiram com 86% dos coleópteros estudados. A escassez de trabalho nesse sentido (Buxton 1954; Sellier & Chassain 1976; Russell 1979; Lawrence & Newton 1980; Blackwell et al. 1982; Jakovlev & Siitonen 2004; Wheeler & Miller 2005), reforça ainda mais a importância de se investigar a coocorrência entre mixomicetos e outros organismos.

Pesquisas apontam que cerca de 100 espécies de musgos e hepáticas são encontradas coexistindo com mixomicetos (Apêndice A). Dudka & Romanenko (2006) consideram que, mesmo que algumas espécies, como *Barbeyella minutissima* Meylan, *Colloderma oculatum* (Lipp.) G. Lister e *Lepidoderma tigrinum* (Schr.) Rostaf., sejam reconhecidamente muscícolas, a associação entre musgos e mixomicetos corticícolas parece ser acidental, pois ocupam e compartilham os mesmos recursos oferecidos pelas árvores vivas. Contudo, a frequência, seleção e abundância das espécies de mixomicetos podem sofrer interferência direta das alterações de pH, retenção de água e detritos do ambiente decorrentes da presença de líquens, briófitas, musgos, macrofungos e de algumas angiospermas encontradas no micro-ambiente. Pesquisas como essa também foram realizadas por Schnittler (2001) quando estudou importantes microhabitats encontrado em hepáticas para crescimento de mixomicetos neotropicais.

Segundo Smith & Stephenson (2007), a coocorrência entre mixomicetos, cianobactérias [*Chroococcus tenax* (Kirchner) Heiron e *Aphanothece saxicola* Nägeli] e algas verdes [*Chlorococcum humicola* (Näg.) Rab.] em ambientes de floresta temperada nos Estados Unidos, pode estar ligada a uma possível fonte de alimento ofertada pelos últimos dois grupos de organismos.

Dentre as associações em que os mixomicetos são integrantes, aquelas realizadas com algas e principalmente com briófitas são as mais comuns (Schnittler & Novozhilov 1998, Schnittler & Stephenson 2000, 2002; Schnittler 2001, Kukwa 2005, Edinger 2013, Glime

2019). No Brasil, Cavalcanti & Dias-Filha (1985) estudaram espécies de Trichiales associadas a briófitas, com base em exsiccatas do Herbário Geraldo Mariz (UFP), e destacaram representantes do gênero *Arcyria* como os mais associados. Schnittler et al (2010), por exemplo, encontraram a alga verde *Coccomyxa confluens* (Kütz.) Fott s.l.com 100% de associação com os mixomicetos, enquanto as briófitas *Mylia taylorii* (Hook.) Gray (64%), *Dicranodontium denudatum* (Brid.) EG Britt., *Tetraphis pelucida* Hedw. e *Diplophyllum albicans* (L.) Dum. que apresentaram associação entre 40–60% com os mixomicetos.

Briófitas comportam em seus filídeos grande quantidade de detritos nos quais estão imersos fungos e bactérias, potenciais alimentos para mixomicetos. Além dessa fonte nutricional, a estrutura do talo das briófitas favorece o armazenamento de umidade. Ambos, umidade e alimento, são indispensáveis para o desenvolvimento dos mixomicetos. Dentre as espécies com maior destaque nessa associação está *Barbeyella minutissima* Meyl., associada principalmente a hepáticas folhosas, como *Nowellia curvifolia* (Dicks) Mitt., que serve como indicador para a presença dessa espécie de mixomiceto no ambiente (Schnittler et al. 2000).

Algumas espécies de mixomicetos esporulam comumente sobre basidiomas, e fungos mixomicetícolas utilizam esporocarpos de mixomicetos para desenvolvimento e esporulação (Ing, 1994). Embora esses organismos coexistam na natureza, utilizando o mesmo substrato, as relações entre eles são ainda pouco conhecidas (Dudka & Romanenko, 2006).

Ainda segundo Ing (1994) *Licea inconspicua* Brooks & Keller parece ser restrita a líquens epífitos ocorrendo principalmente na América do Norte e Europa. Relatos também apontam que em troncos mortos, *Badhamia viridescens* Meylan ocorre frequentemente sobre *Cladonia coniocraea* (Florke) Spreng. Já *Perichaena corticalis* (Batsch) Rostaf. e *P. depressa* Lib. são comumente encontradas sobre espécies *Hypnum* Hedw.

1.1.4 Casca do tronco das forófitas

Epífita é o termo utilizado para enquadrar organismos que se fixam sobre ervas ou ainda sobre troncos, galhos, ramos ou folhas de árvores e arbustos, numa relação do tipo comensalismo, pois utilizam a planta apenas como suporte para facilitar a captação de luz e nutrientes. As plantas que abrigam as epífitas são chamadas de forófitas (Callaway et al. 2002, Steel & Wilson, 2003, Bataghin et al. 2010).

Dentre as epífitas presentes em uma mesma forófitas existem níveis de variação, tanto na composição das espécies quanto entre os diferentes grupos ecológicos (Begon et al. 1996),

podendo se distinguir por exemplo, as corticícolas das foliícolas. Considerando as primeiras as variações são intensificadas pelas ofertas micro-ambientais (pH, rugosidade das cascas, etc.) disponíveis ao longo do tronco, que modulam a diversidade e composição das espécies e o desenvolvimento dos indivíduos que nele se instalam. Considerando esses pressupostos, coexistem sobre o córtex de árvores e arbustos vivos diversas comunidades de animais invertebrados, vegetais vasculares, musgos, heáticas, algas, cianobactérias, fungos, líquens e mixomicetos, que compartilham diferentes nichos ecológicos, a maioria ainda pouco explorada cientificamente (Ing 1994, Souza et al. 2003, Everhart 2009, Glime 2019).

A diversidade, organização e composição das epífitas nas zonas inferior, média e superior do tronco da forófitas ou a ausência dessas estratificações podem ser influenciadas pelo grau de conservação e sucessão da floresta (Örjan et al. 2008). Fatores como a organização dos espécimes de árvores e arbustos nos ambientes, tamanho dos troncos, cobertura vegetal, dentre outros, são determinantes no processo de manutenção do equilíbrio de energia nesses ambientes (Souza et al. 2003).

A complexidade estrutural das florestas úmidas, restingas e manguezais possibilita diferentes tipos de micro-habitats que favorecem o estabelecimento de elevada diversidade de epífitas. Segundo Bataghin et al. (2010), a diversidade da comunidade de epífitas diminui a medida em que o grau de perturbação aumenta. Örjan et al. (2008) concluíram que forófitas mais antigas situadas em ambientes de baixa perturbação comportavam uma maior diversidade e riqueza de líquens e briófitas.

O conhecimento sobre a distribuição dos líquens em florestas tropicais úmidas tem sido ampliado por diversos estudos que demonstram a variação na diversidade desses organismos intimamente relacionada com a umidade, luminosidade e o diâmetro do tronco das forófitas (Santos, 2012). A composição e distribuição de líquens parecem estar ligadas a certos tipos de habitat e determinadas condições ecológicas, tais como pH do substrato, umidade, temperatura, luminosidade, clima e até à ação antrópica, todas muito importantes na seleção dos grupos de espécies que irão ocupar os troncos das forófitas (Caceres et al. 2007). Segundo Lima (2013), alguns autores consideram a disponibilidade de luz um importante fator para riqueza de líquens. Segundo Örjan et al. (2008), áreas próximas às clareiras favorecem a riqueza de líquens. Outros pesquisadores apontam que o diâmetro do tronco (DAP = 1,20 m) das forófitas influencia na composição e distribuição espacial dos líquens (Menezes, 2013, Friedel et al. 2006).

Snell & Keller (2003) investigaram os grupos de mixomicetos corticícolas associados a cinco espécies de árvores [(*Acer rubrum* L. – Aceraceae; *Fraxinus americana* L. - Oleaceae; *Liriodendron tulipifera* L. – Magnoliaceae; *Pinus strobus* L. – Pinaceae e *Quercus alba* L. – Fagaceae) do Parque Nacional Great Smoky Mountains (GSM) – EUA)]. Esses autores concluíram que, embora a composição da comunidade de mixomicetos no córtex das árvores tenha sido semelhante, índices de ocorrência e abundância dos táxons apresentaram relação com o nível de acidez da casca, pois, valores similares de pH selecionaram determinadas espécies do grupo. *Clastoderma debaryanum* A. Blytt., *Comatricha ellae* Härk., *Cribraria confusa* Nann.-Bremek. & Y. Yamam., *Echinostelium minutum* de Bary, *Enerthenema papillatum* (Pers.) Rostaf. e *Physarum nutans* Pers. foram mais abundantes em pH ácido (3,8) no tronco de *P. strobus*. Outras espécies, como *Calomyxa metallica* (Berk) Nieuwl., *Collaria arcyriionema* (Rostaf.) Nann. –Bremek. ex Lado, *Cribraria violacea* Rex, *Macbrideola cornea* (G. Lister et Cran.) Alexop., *Macbrideola scintillans* H. C. Gilbert, *Perichaena chryosperma* (Curr.) Lister e *Physarum crateriforme* Petch. teriam preferência por casca com pH médio levemente ácido (pH= 6,2), registrado em *Q. alba* e *F. americana*, que apresentaram casca com pH próximo à neutralidade. No Brasil, Parente & Cavalcanti (2013) também compararam grupos de mixomicetos (corticícolas, lignícolas, foliícolas e frutícolas) coletados em *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng (babaçu) em áreas de sombra e iluminada de Floresta decídua mista. Nas áreas de sombra com elevada umidade, foram constatadas maior diversidade (6.10) e incidência de mixomicetos (100%) quando comparado as áreas mais abertas e com umidade mais baixa (2.10) (40%). As espécies de Trichiales (*Perichaena depressa* Lib., *Arcyria cinerea* (Bull.) Pers. e *H. calyculata* (Speg.) M. L. Farr) apresentaram altos índices de constância, abundância e frequência. A mixobiota corticícola apresentou os menores índices dentre os grupos ecológicos estudados.

1.1.5 Mixomicetos corticícolas

Nos primeiros estágios do ciclo de vida (ameboide e plasmodial) os mixomicetos se alimentam basicamente de bactérias, leveduras e alguns outros microrganismos que ocupam os substratos de origem vegetal ou, mais raramente, fúngica utilizados como suporte para seu desenvolvimento (Gray & Alexopoulos, 1968, Keller et al. 2017). Os corticícolas, que utilizam como substrato a casca do tronco vivo de plantas lenhosas, apresentam ciclo de vida bem curto, completando-se em torno de uma semana, e seus protoplasmódios e

afanoplasmódios originam esporocarpos muito pequenos, comumente não ultrapassando 1 mm de altura (Barbosa et al. 2016).

Os primeiros registros documentados de mixomicetos sobre troncos de árvores vivas foram feitos entre 1883 e 1918 pelo Rev. escocês William Cran, que utilizava cascas de árvores vivas para ministrar aulas práticas. Utilizando esse recurso, W. Cran e a inglesa G. Lister foram responsáveis pela descrição de *Comatricha cornea* G. Lister & Cran [= *Macbrideola cornea* (G. Lister & Cran) Alexop.] e *Comatricha fimbriata* G. Lister & Cran [= *Paradiacheopsis fimbriata* (G. Lister & Cran) Hertel ex Nann.-Bremek.]) (Cavalcanti et al (2006), Ing & Stephenson (2017)). Na tentativa de acompanhar o desenvolvimento de algas sobre casca de árvores vivas, os norte-americanos Gilbert & Martin (1933) utilizaram a técnica de câmara úmida como material didático e encontraram acidentalmente um esporângio maduro de um mixomiceto, não identificável, e passaram a adotar rotineiramente a técnica, visando obter novos registros. No primeiro estudo sobre a mixobiota de Cerrado, Cavalcanti (1974;1978) empregou pela primeira vez no Brasil a técnica de câmara-úmida e obteve o registro de espécies dificilmente observadas em campo, como *Echinostelium minutum* var. *imperatoria* Emoto e *Licea castanea* G. Lister. Desde então, a técnica vem sendo cada vez mais empregada, pois possibilita a obtenção de novos registros e de novas espécies de mixomicetos, utilizando amostras não apenas da casca de árvores vivas como também outras partes da planta (Snell & Keller, 2003, Novozhilov et al. 2017).

Pelo menos três grupos de mixomicetos corticícolas podem ser reconhecidos (Ing, 1994, 1998): corticícolas obrigatórios, que são comuns em casca de árvores vivas e ocorrem esporadicamente em troncos ou folhas em decomposição; corticícolas facultativos, que incluem espécies frequentes em troncos vivos, mas também encontradas em galhos e troncos recentemente caídos, completando seu ciclo de vida logo após a queda desses substratos; corticícolas casuais, comumente observadas em troncos mortos ou folhas caídas e que apenas ocasionalmente esporulam em troncos vivos, ou aparecem após longo período de tempo em câmaras úmidas, por encontrarem condições de permanente umidade e recursos nutricionais favoráveis ao desenvolvimento e esporulação (Snell & Keller, 2003; Keller et al. 2017).

Embora algumas espécies de mixomicetos corticícolas apresentem afanoplasmódio (Keller et al. 2017), o protoplasmódio é o tipo mais comum entre os táxons desse grupo ecológico, que comumente produzem esporocarpos diminutos, principalmente espécies dos gêneros *Licea* Schrad., *Echinostelium* de Bary e *Clastoderma* A. Blytt. O protoplasmódio se diferencia do faneroplasmódio e do afanoplasmódio por atingir no máximo 0,1 mm, possuir

menos biomassa, menor número de núcleos e também por apresentar movimentos lentos, devido principalmente, ao fluxo irregular do protoplasma (Gray & Alexopoulos, 1968). Esse tipo de plasmódio parece ter desenvolvido adaptações estratégicas ao ambiente instável, com resposta imediata às mudanças de microclima, rápidas esporulações e eficiência na produção de esporângios com perídio evanescente que favorece a rápida liberação de esporos. Por estarem sujeitos às variações de umidade e secagem rápida do substrato, esses organismos frequentemente estão presentes nas cascas de árvores e arbustos vivos na forma de microcistos, formados após bruscas variações climáticas (Ing, 1994, Keller et al. 2017).

1.1.6 Líquens corticícolas crostosos

Com base no tipo de substrato e atividade biológica que exercem no local onde crescem, os líquens podem ser classificados em cinco grupos ecológicos: terrícolas (desenvolvem-se sobre o solo), saxícolas (desenvolvem-se sobre rochas), foliícolas (desenvolvem-se sobre folhas de plantas vasculares), muscícolas (desenvolvem-se sobre musgos) e corticícolas, que são amplamente encontrados sobre o córtex de árvores e arbustos vivos (Webster & Weber, 2007, Kendrick, 2000).

Os líquens podem apresentar taxas de crescimento extremamente baixas (0,0036 mm por ano) ou, menos comumente, atingir entre 30–35 cm/ano, como se observa em *Ramalina mentziesii* Tayl. (Green et al. 2012). Os líquens corticícolas crostosos estão entre os menores do grupo, com baixa taxa de crescimento e longos períodos de vida. Fixos ao substrato pela região da medula do talo, possuem estruturas que permitem resistência às alterações ambientais desfavoráveis e produzem substâncias químicas para defesa contra predadores (Kendrick, 2000).

Os líquens corticícolas crostosos caracterizam-se por serem achatados, fortemente aderidos à casca do tronco e por não possuírem córtex inferior (Büdel & Scheidegger, 2008). Quando são encontrados crescendo sob a casca de forófitas são chamados endofloídais e nessa condição a porção micobionte pode atingir até o câmbio vascular da planta (Marcelli, 1987). Também chamados de microlíquens, esses investem pouca energia para produção de seus diminutos e inconspícuos talos, por isso são menos dependentes de condições microclimáticas, sendo identificados em uma variedade de habitats onde macrolíquens (foliosos e fruticosos) são incapazes de crescer. Os líquens corticícolas diferem dos macrolíquens que, por serem

mais robustos, consomem mais energia para produção de seus talos e por isso necessitam de condições climáticas específicas, principalmente uma maior umidade (Cáceres, 2007).

O conhecimento sobre o tipo de substrato onde os líquens são encontrados pode ser importante para sua identificação, desde que muitos desses organismos são seletivos quanto ao local onde crescem (Andrade, 2015). O crescimento de líquens corticícolos crostosos nos troncos ocorre quase que exclusivamente por crescimento linear das margens do talo, enquanto que em líquens foliosos e fruticosos o crescimento ocorre em áreas intermediárias do talo, bem como nas extremidades dos lóbulos mais externos (Will-Wolf & Lücking, 2016). O córtex superior de líquens crostosos em florestas tropicais retém mais água e é mais tolerante à baixa intensidade de luz, sendo encontrados no interior das florestas. Os que não apresentam o córtex superior estão adaptados a áreas com mais intensidade de luz, perdem água mais facilmente e por isso são encontrados na borda das florestas (Will-Wolf & Lücking, 2016).

Não apenas na forma como ocupam os substratos, mas também como se aderem a eles podem trazer vantagens e desvantagens. Segundo Nash (1996) e Will-Wolf & Lücking (2016) os líquens interagem com o substrato onde estão apoiados através da troca de íons. Sendo assim, espécies de líquens crostosos e foliosos podem adquirir uma pequena porção de minerais, para manutenção ou para crescimento, através da forte aderência que estabelecem com o substrato.

1.1.7 Centro de Endemismo Pernambuco

No Brasil, estão presentes os biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, além dos ecossistemas associados, caracterizados por particularidades de suas biotas aliadas às condições edáficas e climáticas de cada região (Coutinho, 2006, Barbosa et al. 2016).

Distribuída ao longo de 28° de latitude, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, encontrada tanto no litoral quanto em áreas de elevadas altitudes, a Floresta Atlântica brasileira destaca-se como a segunda maior floresta dos Neotrópicos (Barbosa et al. 2016). Essa floresta exibe um ambiente heterogêneo, onde é possível encontrar um mosaico de ambientes com estrutura e composição florística diferenciadas, sendo por isso uma das florestas, entre os trópicos, de maior importância do mundo, onde as características climáticas,

a distribuição das chuvas e a vegetação são influenciadas diretamente pelo oceano. Por essas e outras características, os remanescentes da Floresta Atlântica são de grande interesse em se tratando de conservação, devido à existência de grandes áreas fragmentadas, além de sua alta diversidade e elevados índices de endemismo (Martinelli et al. 2008).

Apesar de se destacar entre as florestas tropicais pela reconhecida biodiversidade, a Floresta Atlântica foi uma das regiões mais atingidas desde o processo de colonização iniciado no século XVI, com a exploração do pau-brasil e a devastação de vastas áreas para o plantio de cana-de-açúcar. Atualmente são observadas pequenas áreas de floresta rodeadas por extensas áreas de plantações de cana-de-açúcar ou de residências (Grillo et al. 2005).

Desde muito tempo, estudos já apontavam para uma perda substancial das florestas tropicais (Uchoa Neto & Tabarelli, 2002, Galindo-Leal & Câmara, 2005, Lemos, 2010), que possuem um elevado número de espécies endêmicas, sendo reconhecidas por abrigar cerca de 50% da biodiversidade mundial. Inserida nesse contexto a Floresta Atlântica é a que mais vem sofrendo ação antrópica e atualmente compreende apenas cerca de 7% de sua área original (1,3 milhões de km² em 17 estados brasileiros) caracterizando-se como uma das prioridades para conservação da biodiversidade mundial (Myers, 1988, Myers et al. 2000, Lemos, 2010).

O Centro de Endemismo Pernambuco (CEPE), também conhecido como Floresta Atlântica Nordestina (5°00'00", 10°30'00" S; 34°50'00", 37°12'00" O), majoritariamente localizado entre os estados de Alagoas e Rio Grande do Norte, com pequenos enclaves no Ceará e Piauí, caracteriza-se por formar reentrâncias em meio à floresta seca (Roda & Pereira, 2006). Prevalece no CEPE o clima tropical úmido (Köppen As'), com chuvas de outono-inverno, estação seca curta e precipitações que variam entre 1.500–2.000 mm por ano. Por estar inserido entre baixas latitudes, são comuns ventos alísios e alta intensidade solar, favorecendo elevadas temperaturas durante quase todo o ano (Coimbra-Filho & Câmara, 1996, Rolim et al. 2007, Silva et al. 2011). As condições de umidade e calor dos ventos alísios que circulam no CEPE são fortemente equilibrados por correntes marítimas oceânicas. A estrutura pedológica sobre a qual o Centro de Endemismo Pernambuco está apoiado é formada pela associação de Argissolos Eutróficos e Distróficos e Latossolos Amarelos Distróficos (Santos et al. 2018).

Originalmente, o CEPE apresentava uma área florestal com pouco mais de 76.000 km², o que equivale a 6,4% da extensão da Floresta Atlântica brasileira. Devido a sua extensão, sofre influência, ao Norte, da Floresta Amazônica e ao Sul da Floresta Atlântica do Sudeste e Sul do Brasil (Santos, 2006). Ao longo do CEPE se distinguem áreas de tensão ecológica

(43,8%), floresta estacional semidecidual (22,9%), floresta ombrófila aberta (20,5%), floresta ombrófila densa (7,9%) e formações pioneiras (6,1%) onde são encontradas florestas de terras baixas com até 100 m de altitude, submontanas entre 100–600 m e florestas montanas localizadas em altitudes acima de 600 m. Restingas e manguezais têm sofrido forte influência antrópica ao longo dos anos e atualmente ocupam uma área costeira de 3.197,62 km², o que equivale à apenas 5,6% da área de distribuição original (Tabarelli & Santos, 2006, Barbosa et al. 2016). Nos tipos de vegetação mencionados foram contabilizadas ca.1200 espécies de árvores e arbustos, algumas endêmicas do CEPE como *Manilkara dardanoi* Ducke (Sapotaceae), *Couepia impressa* Prance e *C. pernambucensis* Prance (Chrysobalanaceae) (Barbosa et al. 2016).

Embora muito degradado, o CEPE comporta diferentes fitofisionomias, que possibilitam a sobrevivência de numerosas espécies endêmicas, contribuindo para que esse seja considerado um dos setores mais importantes da América do Sul (Tabarelli & Santos, 2004).

Dados relacionados à mixobiota e liquenobiota corticícola que ocorrem na Floresta Atlântica nordestina, bem como nas restingas e nos manguezais, precisam ser expandidos (Silva & Cavalcanti, 2010, Damasceno et al. 2011, Cavalcanti et al. 2014, Cavalcanti & Agra 2019). Pesquisas que explorem ao máximo os fragmentos remanescentes e que tornem públicas informações morfológicas e ecológicas sobre grupos ainda pouco explorados, como mixomicetos e líquens, podem contribuir para a conscientização da importância da sua conservação.

Os estudos sobre mixomicetos e líquens que ocorrem no Nordeste do Brasil incluem diferentes fragmentos de Floresta Atlântica e Pernambuco se destaca como o estado mais explorado dentre os que compõem o CEPE. O número de espécies de mixomicetos corticícolas atualmente conhecidas para a Floresta Nordestina corresponde a 23,3% do total de táxons registrados por Cavalcanti et al. (2018) no Nordeste do Brasil para outros grupos ecológicos e tipos vegetacionais. Até o último relato, foram reportadas no CEPE cerca de 300 espécies de líquens, com destaque para as ordens Ostropales e Lecanorales (Cáceres et al. 2000, Cáceres, 2007), e mais de 115 espécies de mixomicetos, representando todas as ordens da Classe (Cavalcanti et al. 2006). Além disso, espécies corticícolas raramente encontradas no Brasil, como *Perichaena calongei* Lado, D. Wrigley & Estrada, *Physarum gyrosum* Rostaf., *Licea biforis* Morgan e *L. pedicellata* (H.C. Gilbert) H.C. Gilbert, ocorrem no CEPE, especialmente nos fragmentos de Floresta Ombrófila Densa. Muitas destas espécies de líquens e mixomicetos corticícolas embora possuam estratégias de vida distintas, podem ser

encontradas habitando uma mesma forófito, existindo a possibilidade de coocorrência entre membros dos dois grupos.

1.1.9 Ecossistemas associados da Floresta Atlântica

1.1.10 Manguezal

O manguezal é um ecossistema costeiro característico de regiões tropicais e subtropicais, localizado entre ambientes terrestres e marinhos, sujeitos ao regime de marés (Maia et al. 2005, Silva et al. 2005, IBGE, 2012). Os manguezais podem ser encontrados em 112 países e territórios, com abrangência próxima de 1/4 da costa mundial, totalizando uma área aproximada de 181,000 km². Devido à localização e extensão geográfica, o Brasil destaca-se como o terceiro país com a maior área de manguezal do mundo, com 11.942 km² estendendo-se desde a Região Norte, no estado do Amapá, até a Região Sul, no estado de Santa Catarina (Santos, 2009, Ferreira & Lacerda, 2016). A Região Norte abriga 70% dos manguezais, associados às florestas úmidas do bioma Amazônia e nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul associa-se aos remanescentes florestais da Mata Atlântica (Agra et al. 2015). Nesse ecossistema são encontradas espécies de epífitas e microrganismos além de espécies de fanerógamas altamente adaptadas às condições de alto teor salino, fluxo de marés, intensidade de ventos e temperaturas, além de solos pobres em oxigênio (Cavalcanti et al. 2016, Schnittler et al. 2017). Nos manguezais brasileiros são comumente encontradas espécies de *Rhizophora* L. (Rhizophoraceae), *Avicennia* L. (Avicenniaceae), *Laguncularia* Gaertn. f. e *Conocarpus* L. (Combretaceae). Mais próximo às bordas destacam-se espécies de *Acrostichum* L. (Pteridaceae) e *Hibiscus* L. (Malvaceae), além de epífitas e gramíneas (Santos, 2009). *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae), conhecida como mangue vermelho, destaca-se como uma das espécies mais comuns desse ecossistema. Indivíduos dessa espécie são encontrados em áreas de salinidade média, podendo atingir 19 m de altura, apresentam tronco com diâmetro médio de 30 cm, sustentado por raízes escoras (Maia et al. 2005). São também características dos manguezais brasileiros *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leechm. ex Moldenke e *A. nitida* Jacq., conhecidas como mangue-preto, siriúba ou mangue-canoé. Os indivíduos dessas espécies podem atingir 11 m de altura e apresentar troncos com cerca de 20 cm de diâmetro, casca lisa amarelada e raízes subaéreas formadas por pneumatóforos. Essas

espécies apresentam elevada tolerância ao sal, além de serem encontradas próximas à desembocadura dos rios (Silva et al. 2005, Santos et al. 2012, Nadia et al. 2013). *Conocarpus erectus* L., o mangue de botão, pode chegar a 10 m de altura, com tronco de 30 cm de diâmetro. Indivíduos dessa espécie são geralmente encontrados na borda do manguezal onde a influência salina é baixa ou intermediária (Damasceno, 2009, Santos et al. 2012). Os indivíduos de *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn., conhecida como mangue-branco, mangue-manso ou tinteiro, podem atingir 12 m de altura e apresentar tronco de 30 cm de diâmetro, caracterizando-se por apresentar pecíolo vermelho com glândulas na parte superior. São encontrados nas áreas entre a borda e o interior do manguezal, por apresentarem tolerância intermediária ao sal (Cavalcanti et al. 2016).

O primeiro registro de uma espécie de mixomiceto [*Arcyria cinerea* (Bull.) Pers.] em ambientes de manguezal foi feito por Kohlmeyer (1969) no Hawai, sobre troncos mortos de *R. mangle* (Ing, 1994, Cavalcanti et al. 2016). O ambiente do manguezal ainda é pouco explorado no mundo quanto à presença desse grupo de organismos, sendo conhecidas para esse ecossistema 47 espécies e 22 gêneros, representando todas as subclasses, dentre as quais *A. cinerea*, *A. denudata* (L.) Wettst., *Collaria arcyriionema* (Rostaf.) Nann.-Bremek. ex Lado e *Stemonitis fusca* Roth são as mais comuns (Cavalcanti et al. 2016, Stephenson & Rojas 2017, Cavalcanti & Agra 2019). *Licea scyphoides* Brooks & Keller, citada para Taiwan, e *L. kleistobolus* G.W. Martin. para o Brasil, são os únicos representantes do gênero com ocorrência conhecida para esse tipo de ambiente (Chung et al. 1998, Cavalcanti et al. 2000).

No Brasil, a mixobiota dos manguezais tem sido alvo de investigações há duas décadas (Cavalcanti & Agra 2019) e as primeiras contribuições foram apresentadas por Bezerra et al. (1999) e Cavalcanti et al. (2000), que coletaram mixomicetos sobre *Rhizophora mangle* L. (cinco espécies) e *Stereum hirsutum* (Willd.:Fr.) S. Gray (uma espécie), além de 11 espécies associadas à *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn., nos estados do Amapá, Pará, Pernambuco e Sergipe. Na região Sudeste do Brasil, estado de Santa Catarina, Triveiler-Pereira et al. (2008) coletaram seis espécimens sobre o tronco de *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leechm ex Moldenke, identificados como *Stemonitis fusca* Roth, *S. splendens* Rostaf. e *Physarum pezizoideum* (Jungh) Pav. & Lag. A maioria dos espécimes acima relacionados foi encontrada sobre a casca de árvores vivas, porém também ocorrem no folheto aéreo e, mais raramente, sobre troncos mortos (Agra et al. 2010, Damasceno et al. 2011, Cavalcanti et al. 2016, Cavalcanti & Agra 2019).

Em manguezais inseridos nos domínios do Centro de Endemismo Pernambuco, já foram registradas 50% (15) das espécies de mixomicetos corticícolas de manguezais

conhecidas para o mundo. Com exceção de *S. fuscooides* Nann.-Bremek. & Y. Yamam., espécies como *Comatricha pulchella* (C. Bab.) Rostaf., *Physarum auriscalpium* Cooke, e *S. irregulares.*, que também são encontradas ocorrendo como lignícolas ou suculentícolas em outras áreas do Centro de Endemismo Pernambuco e em outros tipos de vegetação (Caatinga e Cerrado) do Nordeste do Brasil. As esporulações ocorreram principalmente sobre a casca de *R. mangle* e *C. erectus*, no estado de Pernambuco (Santos, 2009, Barbosa & Cavalcanti, 2016). São conhecidas para os Manguezais do CEPE espécies de Liceales (*Cribraria confusa* Nann.-Bremek. & Y. Yamam., *Licea kleistobolus* G.W. Martin), Echinosteliales (*Clastoderma debaryanum* A. Blytt., G. W. Martin), Trichiales [*Arcyria cinerea* (Bull.) Pers., *Hemitrichia calyculata* (Speg.) M. L. Farr], Physarales [*Diachea leucopodia* (Bull.) Rostaf., *Didymium clavus* (Alb. et Schwain.) Raben., *Physarum auriscalpium* Cooke, *P. tenerum* Rex] e Stemonitales [*Collaria arcyrionema* (Rostaf.) Nann.-Bremek. ex Lado, *Comatricha pulchella* (C. Bab.) Rostaf., *Macbrideola scintillans* H. C. Gilbert, *Stemonitis fusca* Roth, *Stemonaria fuscooides* Nann.-Brem. & Y. Yamam. e *S. irregularis* (Rex) Nann.-Bremek., R. Sharma & Y. Yamam.].

Ambientes de manguezais são restritivos e os líquens neles encontrados são diversos porém pouco abundantes (Cáceres et al. 2007). Estudos sobre a liquenobiota corticícola crostosa dos manguezais ainda são escassos. Os primeiros trabalhos com foco exclusivo em líquens, especialmente com macrolíquens, foram realizados na costa leste da Austrália por Stevens & Rogers (1979) e Stevens (1979). Segundo Marcelli (1987), os primeiros registros de líquens em manguezais do Brasil foram efetuados entre 1944–1984 (meados do século XX) e incluem dados esporádicos do líquen crostoso *Pyrenula cerina* (Eschw.) Müll.Arg., comumente citado, sobretudo no Sudeste do país. Poucas informações taxonômicas e ecológicas sobre a liquenobiota corticícola de manguezais foram adicionadas desde os estudos de Marcelli (1987, 1992), inclusive em manguezais que estão inseridos na área que compreende o Centro de Endemismo Pernambuco.

A maioria dos dados que se tem de líquens está concentrada na Região Nordeste do Brasil, entretanto, informações sobre a liquenobiota de manguezais estão presentes principalmente no eixo Sudeste-Sul do país (Cáceres, 2007, Cáceres et al. 2007). O primeiro estudo sistematizado do Brasil nesse tipo de ecossistema foi realizado por Marcelli (1992). O inventário e as estratégias ecológicas utilizadas pelos líquens foram alvo de estudos e se concentraram no litoral da Região Sudeste-Sul do país, principalmente em Itanhaém (São Paulo), constituindo um dos mais importantes e detalhados trabalhos sobre a liquenobiota de manguezais dos trópicos. Nessa ocasião, coletaram-se líquens sobre espécies de *Rhizophora*

mangle, *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* tendo sido identificadas 289 espécies, pertencentes a 80 gêneros, incluindo líquens crostosos, foliosos, fruticosos e esquamulosos. Os corticícolas crostosos foram representados principalmente pelas famílias Arthoniaceae, Opegraphaceae, Caliciaceae e Thelotremaceae. Segundo Marcelli (1992), as espécies de líquens respondem aos fatores microclimáticos, como luminosidade e umidade, apresentam diferença gradual que vão desde a borda até áreas mais internas do manguezal, e a composição e distribuição da liquenobiota é influenciada pelas características da casca da forófito (pH, rugosidade, capacidade de retenção de água, conteúdo mineral) e salinidade. Recentemente, foi realizado o primeiro trabalho sobre líquens de manguezais do Nordeste brasileiro, em que, pelo menos uma área de manguezal foi visitada em cada estado da região (Cavalcante, 2020). Neste levantamento, houve o registro de 158 espécies de líquens, com a descrição de uma espécie nova para a ciência, *Lecanora parachroa* L.A.Santos, J.G.Cavalcante & M.Cáceres (Cavalcante et al. 2019).

A escassez de informações sobre a mixobiota e liquenobiota corticícola crostosa de manguezais se deve a alguns fatores, tais como a dificuldade de acesso ou até mesmo à fragilidade dos espécimes, especialmente mixomicetos, que podem ser rapidamente deteriorados pela ação das marés ou terem sua esporulação limitada pelo elevado teor salino ou pelas características químicas encontradas na casca dos vegetais. Embora não seja um fator de empecilho para o crescimento de líquens, espécies de *Rizophora* apresentam, dentre outros compostos, grande quantidade de taninos que possuem ação antimicrobiana e antisséptica (Marcelli, 1987, Ferreira et al. 2011). Estima-se que o teor de tanino das cascas de *Rizophora* não ultrapasse 5%, entretanto em porções mais profundas do tronco, é possível detectar até 35% desse composto (Marcelli, 1987, 1992). Ainda são inconsistentes as informações sobre a condição alelopática do tanino (Santos et al. 2011) e sua influência que exerce no desenvolvimento de algumas espécies de líquens. Segundo Marcelli (1987), ainda que esse composto apresente tal atividade, não é capaz de interferir na presença de epífitas como líquens, musgos, orquídeas e bromélias encontradas na superfície da casca, inclusive de *Rizophora mangle*. Além disso, tais compostos são encontrados em maior concentração na feloderme, onde as hifas dificilmente alcançam. Embora a relação epífitas/tanino pareça plausível, em cultivos de câmara úmida utilizados para o desenvolvimento de mixomicetos a ação desses químicos, além da salinidade, parece limitar a esporulação de determinadas espécies. Possivelmente, compostos fenólicos presentes no tanino sejam um fator limitador do crescimento de muitas espécies de mixomicetos.

1.1.11 Restinga

Restinga é um termo amplamente utilizado para designar planícies litorâneas localizadas em sua grande maioria próxima a ambientes marinho continental ou transicional (Silva, 1999, Gomes et al. 2007, IBGE, 2012). Esse ecossistema é encontrado próximo aos rios ou à costa, muitas vezes entre falésias. Em síntese, a restinga compreende um mosaico de formações florestais distintas que sofrem influência principalmente marinha, mas também fluvial. Por isso ocorrem desde ambientes praianos até áreas mais interioranas da costa (Cerqueira, 2000, Zickel et al. 2004, Almeida Jr et al. 2009). Inserida nas diversas formações geomorfológicas (Paleozoica, Mesozoica e Cenozoica) e fitogeográficas da costa do Brasil, a Restinga brasileira compreende cerca de 500 km de extensão (79% do litoral do país) e se caracteriza por ocupar planícies de formação Terciária e Quaternária (Schneider & Teixeira, 2001, Zickel et al. 2004, Dal-Forno, 2009). Na região Nordeste, a vegetação de restinga é encontrada entre o rio Parnaíba e o recôncavo Baiano, distinguível por um corredor de vegetação ao longo da costa.

Segundo Andrade-Lima (1960) a restinga da região Nordeste é representada por duas formações, Mata e Campo de Restinga, fortemente influenciadas pela variação do lençol freático e pela organização das copas na estrutura da vegetação (Almeida Jr et al. 2009). Além disso, a formação geomorfológica sobre a qual esse ecossistema é formado influencia de forma bastante incisiva o tipo, a forma e diversidade da vegetação (Zickel et al. 2004). Atualmente são reconhecidas na costa brasileira as formações de estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, tornando-se mais complexas à medida que se afastam do litoral (Almeida Jr, 2009). O estrato herbáceo é um dos mais comuns e característicos de todo o litoral do Brasil. Acompanhando a sua extensão, muitos termos são utilizados para referi-la, tais como vegetação praieira e da praia, formação pioneira de dunas, comunidade halófito praieira, dentre outros (Veloso et al. 1991, Silva, 1999). O estrato herbáceo compreende uma vegetação normalmente rasteira que se instala em áreas de dunas. As espécies ali encontradas variam de acordo com a localização, sendo distinguíveis as que estão em áreas mais altas (arbustos e arvoredos) ou mais baixas (alagadas) (espécies de Cyperaceae e Poaceae) (CPRH 2011, IDEMA 2014). O estrato arbustivo caracteriza-se por apresentar aglomerados distribuídos de forma espaçada formando pequenos conjuntos de arbustos. Nos espaços entre cada conjunto formam-se clareiras onde podem se desenvolver vegetações rasteiras compostas por diversidade de cactos, bromélias e trepadeiras (Silva, 1999), e, às vezes musgos e líquens. Espécies das famílias Anacardiaceae, Rubiaceae e Fabaceae são comuns,

especialmente em restingas da região Nordeste do Brasil. Merecem destaque, dentre outras, as espécies lenhosas *Anacardium occidentale* L., o cajueiro, *Guettarda platypoda* DC., a angélica, e *Hancornia speciosa* (Gomes), a mangabeira (CPRH, 2011, IDEMA, 2014, ICMBIO, 2016). O estrato arbóreo desenvolve-se mais afastado da costa marítima e apresenta grandes variações de cunho florístico e estrutural ao longo do litoral brasileiro. Essas diferenças florísticas são decorrentes da influência de vegetações próximas, composição do solo e drenagem; em áreas mais interioranas, onde o solo apresenta uma espessa cobertura vegetal e são mais úmidas, as árvores são maiores (Silva, 1999). Ambientes mais próximos à praia, onde o solo é mais arenoso e não há grande deposição de húmus, as árvores são menores. A restinga arbórea baixa normalmente ocupa a borda das dunas e/ou planícies interdunares, apresenta árvores com troncos com diâmetro em torno de 20 cm, dossel menor e menos denso e altura que varia de 5–8 m. Segundo CPRH (2011) no Nordeste brasileiro são comuns, dentre outras, *Anacardium occidentale* L. (cajueiro), *Chamaecrista ensiformis* (Vell.) H.S. Irwin and Barneby (pau-ferro), *Coccoloba rosea* Meisn. (cauaçu), *Cupania impressinervia* Acev.-Rodr. (cabuatã), *Pouteria grandiflora* (A.DC.) Baehni (goiti) e *Tapirira guianensis* Aubl (cupiuba). A restinga arbórea alta apresenta árvores geralmente entre 8–10 m, que podem chegar a 17 m, diâmetro do tronco em torno de 20 cm, podendo alcançar em torno de 60 cm. Nesse tipo de vegetação são mais abundantes as espécies *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber (quiri), *Buchenavia tetrphylla* (Aubl.) R.A. Howard (mirindiba), *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil) *Campomanesia dichotoma* (O.Berg) Mattos (guabiraba-de-pau), *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos (pau-d’arco-roxo), *Manilkara salzmannii* (A.DC.) Lam. (maçaranduba), *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March (amescla) e *Pterocarpus rohrii*autor (pau-sangue) (CPRH, 2011, IDEMA, 2014, ICMBIO, 2016).

Embora a restinga seja considerada um dos ecossistemas da Mata Atlântica com a maior diversidade de líquens do Brasil, ainda são escassas as informações sobre esses organismos nesse tipo de ambiente e estima-se que apenas cerca de 20% dos táxons já foram inventariados. Apesar do crescente número de pesquisas envolvendo líquens em todo Brasil, esses trabalhos foram produzidos envolvendo a liquenobiota especialmente da Floresta Atlântica nordestina (Cáceres 2007, Cáceres et al. 2007). Pouco ainda se sabe sobre líquens corticícolas crostosos da restinga da região Nordeste do país, principalmente da área que corresponde ao Centro de Endemismo Pernambuco.

Segundo Marcelli (1998), um dos primeiros pesquisadores de líquens nesse tipo de ecossistema, no final do século XX, 120 táxons haviam sido encontrados na restinga e estimava-se cerca de 700 espécies. Ao contrário do que ocorreu na região Nordeste, desde as

previsões de Marcelli (1998), muitos trabalhos foram realizados nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e grandes contribuições foram registradas, tais como a de Martins (2006), que coletou e identificou comunidades de líquens presentes em *Dodonaea viscosa* L. na Restinga do Parque Estadual de Itapuã, Viamão (RS). Nessa ocasião foram amostrados 10.887 indivíduos e identificadas 161 espécies. Foram adicionados ainda três gêneros e 20 espécies para o estado do Rio Grande do Sul, e sete foram citadas pela primeira vez para o Brasil. Os líquens corticícolas crostosos presentes nos troncos foram as espécies mais representativas sobre os ramos de *Dodonaea viscosa* L., com 38 espécies, seguido por galhos (27) e tronco (18). *Lecanora* cf. *pallidofuscescens* Vain., *Ochrolechia pallescens* (L.) A. Massal., *Cratiria americana* (Fee) Kalb & Marbach e *Melaspilea* sp. foram as mais representativas sobre ramos, enquanto *Rimelia cetrata* (Ach.) Hale & A. Fletcher e *Coccocarpia palmicola* (Spreng.) Arv. & D.J. Galloway ocorreram com mais frequência sobre troncos. Segundo Martins & Marcelli (2011), em ambientes de restinga as diferentes comunidades de líquens corticícolas variam de acordo com a luminosidade e rugosidade do tronco. Troncos mais jovens, e, portanto, menos ásperos, são ocupados por abundantes líquens crostosos. Troncos mais velhos e, caracteristicamente, mais ásperos selecionam líquens foliosos e fruticosos, bem como crostosos de talo mais espesso. Levando em consideração esses fatores, os líquens foram mais abundantes em troncos ou ramos mais jovens e onde a luminosidade foi mais incidente. Ainda nas regiões Sudeste-Sul, Dal-Forno (2009) encontrou uma variedade de líquens corticícolas crostosos, especialmente em troncos e ramos de árvores de restinga arbórea (Pontal do Sul-PR), onde foi possível o registro de mais de 50 gêneros de fungos liquenizados. Foram acrescentadas as novas espécies *Phaeographis flavescens* Dal-Forno & Eliasaro e *Thalloloma pontalense* Dal-Forno & Eliasaro, da família Graphidaceae (Dal-Forno & Eliasaro, 2010). Outros trabalhos em áreas de restinga e manguezais nas mesmas regiões do Brasil focaram principalmente a atividade química dos líquens (Benatti & Marcelli, 2010, 2011, Marcelli & Benatti, 2010, 2011).

Os primeiros registros de mixomicetos em ambientes de restinga foram feitos no início da década de 70 na região Sudeste do Brasil (Espírito Santo e São Paulo). Foram registradas três famílias, seis gêneros e 11 espécies dentre as quais *Badhamia calcaripes* Gottsb., foi descrita como um novo táxon para a ciência. Além disso, distribuídas nessa lista encontram-se *Craterium leucocephalum* (Pers. ex J.F. Gmel.) Ditmar, *Physarum compressum* Alb. & Schwein. e *Stemonitis fusca* Roth coletadas sobre inflorescências de bromélias como *Rieseae ensiformis* (Vell.) Beer. e *Bromelia antiacantha* Bertolini., em Itanhaem (São Paulo) (Gottsberger 1971).

Posteriormente, nessa mesma região do Brasil, foram identificadas sobre palmeiras táxons de Physarales, a saber, *Didymium anellus* Morgan, J. Cincinnati Soc., *Physarum compressum* Alb. & Schwein., e *Physarum melleum* (Berk. & Broome) Masee (Hochgesand & Gottsberger, 1996).

Os ambientes de restinga mais estudados quanto aos mixomicetos encontram-se na região Nordeste, muitos dos quais estão inseridos nos domínios do Centro de Endemismo Pernambuco. O Parque Estadual das Dunas do Natal, no estado do Rio Grande do Norte, destaca-se como um dos locais com maior número de espécies de mixomicetos corticícolas já registradas para esse tipo de vegetação (Bezerra et al. 2007). Atualmente os ambientes de restinga inseridos no CEPE contam com 21 espécies desses organismos, pertencentes a 12 gêneros, seis famílias e cinco ordens (Echinosteliales, Trichiales, Liceales, Physarales, Stemonitales), correspondendo a 28,7% do total de espécies desse grupo ecológico (corticícola) identificadas no CEPE, incluindo ambientes como o Manguezal (20,5%), Floresta Sazonal Semidecidual (45,2%) e a Floresta Ombrófila Densa, com maior número de registros (65,7%) (Barbosa et al. 2016). Dentre as espécies corticícolas encontradas nos ambientes de restinga da Floresta Nordestina merece destaque *Arcyria cinerea*. O referido táxon é muito comum e já foi relatado para diversas regiões do Brasil e ambientes como Caatinga, Cerrado, Floresta Atlântica e Manguezais, onde pode ser encontrada com mais frequência ocupando micro-habitats como madeira em decomposição e troncos vivos (Cavalcanti et al. 2020). Além disso, a espécie citada foi identificada em 75% das 12 áreas estudadas dentro do CEPE, incluindo seus diversos ecossistemas (Manguezal, Restinga e as Florestas Ombrófila Densa e Sazonal Semidecidual). Ressaltam-se ainda como mais abundantes na Restinga do CEPE, *C. debaryanum* A. Blytt, *C. violacea* Rex. (50%), *C. confusa* Nann.-Bremek. & Y. Yamam., *C. microcarpa* (Schrad.) Pers. e *E. minutum* de Bary (58%). Outras espécies, como *Comatricha longipila* Nann.-Bremek., *Paradiachaeopsis longipes* Hooff & Nann.-Bremek., *Perichaena calongei* Lado, D. Wrigley & Estrada. e *Physarum decipiens* M.A. Curtis., foram encontradas na vegetação de restinga (Rio Grande do Norte) e são raramente encontradas em outros tipos de vegetação no Brasil. Um dos táxons com menos registros é o de *P. calongei* que conta com apenas quatro relatos no Brasil, três na Região Nordeste (Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte), em ambientes de Floresta Ombrófila Densa Submontana e Terras Baixas e um no Centro-Oeste (Goiás) em áreas do Cerrado (Araujo et al. 2015, Cavalcanti et al. 2016).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar a existência de coocorrência entre espécies de líquens e mixomicetos corticícolas em fragmentos de Floresta Atlântica e ecossistemas associados do Centro de Endemismo Pernambuco (CEPE).

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Inventariar as espécies de líquens e mixomicetos corticícolas em fragmentos florestais do CEPE.
- b) Caracterizar e diferenciar as comunidades de líquens e mixomicetos corticícolas em áreas de Manguezal, Restinga e Floresta Ombrófila densa do CEPE.
- c) Verificar a influência de fatores ambientais na ocorrência, diversidade, abundância e frequência de líquens e mixomicetos nos ambientes florestais.
- d) Investigar a coocorrência entre espécies de líquens e mixomicetos corticícolas em Floresta Atlântica, Manguezais e Restingas do Centro de Endemismo Pernambuco.

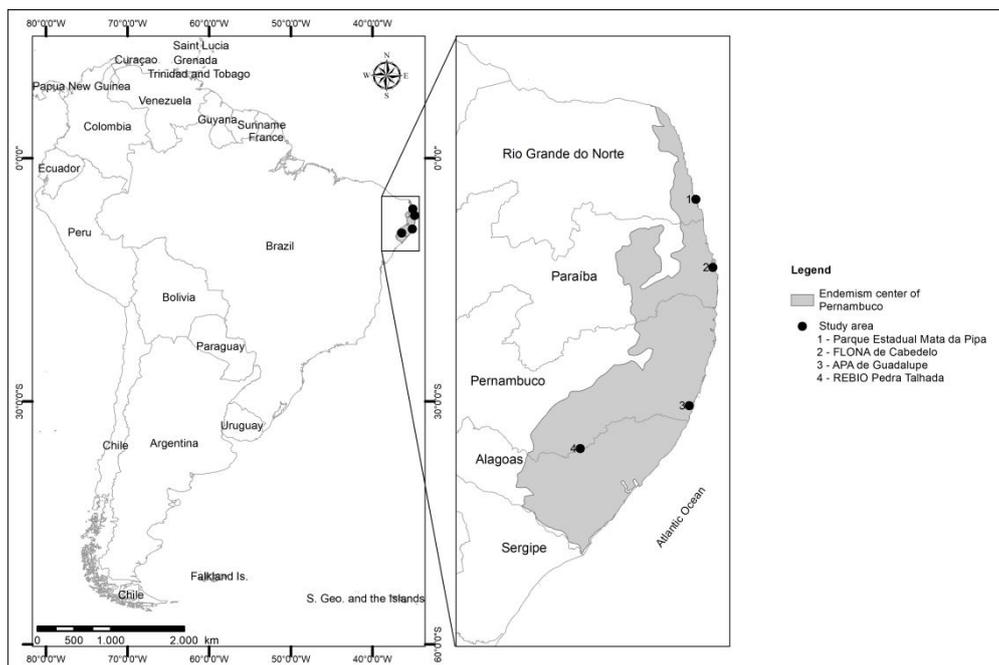
2 METODOLOGIA

2.1 ÁREAS DE COLETA

Foram selecionados para estudo fragmentos representativos de manguezais, restingas e floresta ombrófila situados em áreas de alta relevância biológica (Lemos, 2010), distribuídas a intervalos de cerca 1.25°, desde o estado de Alagoas até o Rio Grande do Norte, de modo a abranger toda extensão do CEPE.

Excursões foram efetuadas no final da estação chuvosa, para coleta de líquens e mixomicetos, assim como de amostras de substrato, explorando-se ao máximo as quatro unidades de conservação selecionadas para estudo (Figura 1).

Figura 1 – Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil e localização das Unidades de Conservação estudadas.



Fonte: Barbosa, D.I. (2021)

2.1.1 Parque estadual Mata da Pipa (PEMP)

O PEMP é parte integrante da Área de Proteção Ambiental Bonfim/Guarairás e está localizado no município de Tibau do Sul, Rio Grande do Norte (RN), sob as coordenadas ($6^{\circ}26'10.11''S$; $35^{\circ}05'31.21''W$) e com altitudes entre 10 e 72 metros (Figura 1). As coletas foram realizadas em Sibaúma (Tibau do Sul), situada dentro do PEMP, que ocupa uma área de 290,88 hectares (ha) e uma zona de amortecimento de 1.923 ha. Apresenta solo do tipo Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2006, Sousa & Freire 2011). O clima é do tipo Tropical quente e semi-úmido e a temperatura média anual é de $26^{\circ}C$. Apresenta picos pluviométricos entre os meses de março e agosto (outono e inverno) e a precipitação média é de 1300 mm/ano. A umidade relativa do ar varia pouco durante o ano, com mínimas de 75% e máximas em torno de 80%. Na UC de Pipa já foram registradas mais de 270 espécies de angiospermas pertencentes a 78 famílias (principalmente Fabaceae, Malvaceae e Myrtaceae) e 212 gêneros (Medeiros, 2001, IBGE 2002, IDEMA 2014). Nos manguezais encontrados às margens do rio Catú e também próximo à desembocadura dos rios Trairi, Baldum e Curimataú-Canguaretama, predominam indivíduos de *Rhizophora mangle* e *Conocarpus*

erectus. O solo é formado por substrato lamoso e de cor escura (solos Hidromórficos), e sujeito ao regime de marés (Lucena 1999, Silva 2015).

No PEMP, a restinga é representada pelas fisionomias herbáceo, arbustivo (de duna e de baixada) e arbóreo (alta e baixa) tornando-se nessa ordem mais complexa e exuberante à medida que se distancia do mar (Lima 2018). No presente estudo foram analisados mixomicetos e líquens presentes em restinga arbórea, alta que cobre 91,67 ha (31,41%) da UC. Essa fisionomia caracteriza-se por apresentar dossel semidecíduo, altura entre 8–10 m podendo chegar a 18 m e diâmetro de troncos entre 20–25 (50) cm. Destacam-se as espécies *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (pau-d’arco-roxo), *Clusia paralicola* G. Mariz. (pau-de-colher), *Manilkara salzmannii* (A.DC.) H.J.Lam (maçaranduba), *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber (quiri), *Pterocarpus rohrii* Vahl (pau-sangue), *Buchenavia tetraphylla* (Aubl.) R.A.Howard (mirindiba), *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil) e *Alseis pickelii* Pilg. & Schmale (pau-candeia) (IDEMA 2014, Forzza et al. 2020). A restinga baixa está distribuída em 152,15 ha (52,13%) do PEMP, apresenta dossel entre 5–8m, com diâmetro dos troncos em torno de 20 cm. As espécies mais comuns são *Chamaecrista ensiformis* (Vell.) H.S.Irwin & Barneby (pau-ferro), *Campomanesia dichotoma* (O.Berg) Mattos (guabirada-de-pau), *Guapira tomentosa* (Casar.) Lundell (joão-mole), *Tapirira guianensis* Aubl. (cupiuba), *Eugenia luschnathiana* (O.Berg) Klotzsch ex B.D.Jacks. (ubaia-doce), *Bowdichia virgilioides* Kunth (sucupira), *Cordia superba* Cham. (grão-de-galo), *Anacardium occidentale* L. (cajueiro), *Pouteria grandiflora* (A.DC.) Baehni (goiti), e *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (jitai), dentre outras (IDEMA 2014, Forzza et al. 2020) (Figura 3).

2.1.2 Floresta Nacional (FLONA) de Cabedelo

A FLONA de Cabedelo está localizada em área urbana a 10 km dos centros de Cabedelo e João Pessoa, no estado da Paraíba. A unidade limita-se ao Sul pelo bairro Renascer, ao leste pela rodovia BR 230, ao oeste pelo Rio Paraíba e ao norte com os condomínios Alpha Village e Alamoana. Possui uma área de 114,34 ha sob as coordenadas 7° 3’ 48,25” S, 34° 51’ 22,64” O (Figura 1). O clima é do tipo As’ (Köppen) tropical quente e úmido, com picos de precipitações entre os meses de maio e julho e máximas de 1800 mm/ano. As médias de temperatura máxima e mínima são de 23 e 28°C respectivamente e a taxa de umidade é entre 74–80% ao ano, influenciados

predominantemente pelos ventos alíseos do Sudeste (Vasconcellos et al. 2005, Pontes & Barbosa, 2008).

Na FLONA de Cabedelo predominam solos arenosos de deposição marinha, que apresentam altos níveis de lixiviação e com isso, são pobres em nutrientes. O Manguezal representa 40% da FLONA e está sob influência dos rios Paraíba e Mandacaru. O solo é do tipo Gleissolos tiomórficos órticos sálicos e Gleissolos sálicos sódicos neofluvissólicos com grande quantidade de matéria orgânica devido ao fluxo característico das marés (Coelho et al. 2017, Medeiros 2018). As espécies de mangue mais comuns na FLONA são *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erectus*, *Avicennia chaeriana* e *Laguncularia racemosa*. O manguezal do estuário do Rio Paraíba (5.500 ha) constitui um dos mais importantes do litoral paraibano (ICMBio 2016).

O solo nas áreas de restinga é do tipo Neossolos Quartzarênicos, presentes em terraços marinhos Quaternários da Restinga de Cabedelo. Sobre o solo da restinga também são encontrados grande acúmulo de folhas, gravetos, etc., (serrapilheira) de origem e espessura variadas (ICMBio 2016, Medeiros 2018).

A Floresta de Restinga ocupa 45% da área total da FLONA de Cabedelo e cobre uma área de 48 ha, onde estão presentes mais de 160 espécies de angiospermas (ICMBio 2016). Apresenta árvores de alturas variáveis, algumas acima de 20 m, mas predominam aquelas entre 5 e 15 metros. Predominam as famílias Fabaceae, Myrtaceae, Poaceae e Rubiaceae. Dentre as espécies lenhosas mais comuns destacam-se *Anacardium occidentale*, *Manilkara salzmannii*, *Tapirira guianensis* e *Pera glabrata* (Pontes & Barbosa, 2008, Icmbio 2016) (Figura 2).

Embora seja parte de grandes projetos de recuperação, a FLONA de Cabedelo ainda apresenta altos níveis de influência antrópica, constituindo-se como a unidade com o menor grau de conservação dentre as áreas estudadas nesta pesquisa.

2.1.3 Área de Proteção Ambiental (APA) de Guadalupe

A APA de Guadalupe apresenta uma área de 44.799 ha distribuída entre os municípios de Sirinhaém, Rio Formoso, Tamandaré e Barreiros, no estado de Pernambuco. A área compreende um trecho continental (32.135 ha) e outro oceânico (Oceano Atlântico - 12.664

ha) e inclui, dentre outros, vegetação de Mata Atlântica e formações pioneiras, com influência marinha (restinga) e fluviomarinha (manguezais) (IBGE 1992) (Figura 1).

O clima da APA é Tropical úmido (As' - Köppen). A temperatura varia entre 23°C-25°C fortemente influenciada pelos ventos alísos do NE e SE. Nessa área ocorrem chuvas de inverno antecipadas no outono (CONDEPE/FIDEM, 2006), com precipitação entre 1800–2000 mm/ano. Os meses entre março e agosto caracterizam-se como os mais chuvosos (70–75% total anual), sendo entre setembro a janeiro os mais secos.

O solo da APA é variado, destacando-se os Argissolos (14,76%), Gleissolos (10,13%), Latossolos (32,51%), Neossolos (6,80%) e solos de mangue (5,53%). Estes são poucos desenvolvidos, apresentam altos teores de sal além da matéria orgânica resultante da decomposição da vegetação do entorno (CPRH, 1998; EMBRAPA, 1996 e 2006).

Na restinga da APA, nas proximidades do Rio Ariquindá, são encontrados indivíduos de porte arbóreo, herbáceo e arbustivo, sendo espécies comuns *Anacardium occidentale* (cajuzeiro), *Andira nitida* (angelim da praia), *Curatella americana* (lixadeira), *Tetracera breyniana* (cipó-de-fogo) e *Byrsonima gardneriana* (murici) (CPRH 2011, Cantarelli et al. 2012). A vegetação arbustiva do tipo fruticeto, caracteriza-se por apresentar arbustos com alturas entre 6–10 m agrupadas em moitas espaçadas por áreas abertas composta por vegetação herbácea (CPRH 2011).

No manguezal, *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* são pioneiras e as mais comuns na porção interna desse ecossistema. *Avicennia nitida* e *Laguncularia racemosa* formam estratos com mais de 10 m de altura. Além de *Rhizophora mangle* (mangue-gaiteiro ou mangue-vermelho) se apresentar como a espécie dominante também são encontradas *A. schaueriana* (mangue-preto), *A. nitida* e *Conocarpus erectus* (mangue-de-botão) (Silva 2009, CPRH 2011) (Figura 2).

2.1.4 Reserva Biológica (REBIO) de Pedra Talhada

A REBIO de Pedra Talhada ocupa uma área com cerca de 4.400 ha, localizada nos municípios de Quebrangulo, Lagoa do Ouro e Correntes nos estados de Alagoas (40%) e Pernambuco (60%). Localiza-se a uma altitude entre 450 - 900 m, sob as coordenadas 36°22' a 36°28' O e 9°11' a 9°16' S (Salvador et al 2018; ICMBio, 2017). A REBIO apresenta vegetação de Floresta Atlântica, considerada um *hotspot* devido à sua elevada diversidade biológica e alto grau de ameaça (Santos 2006) (Figura 1).

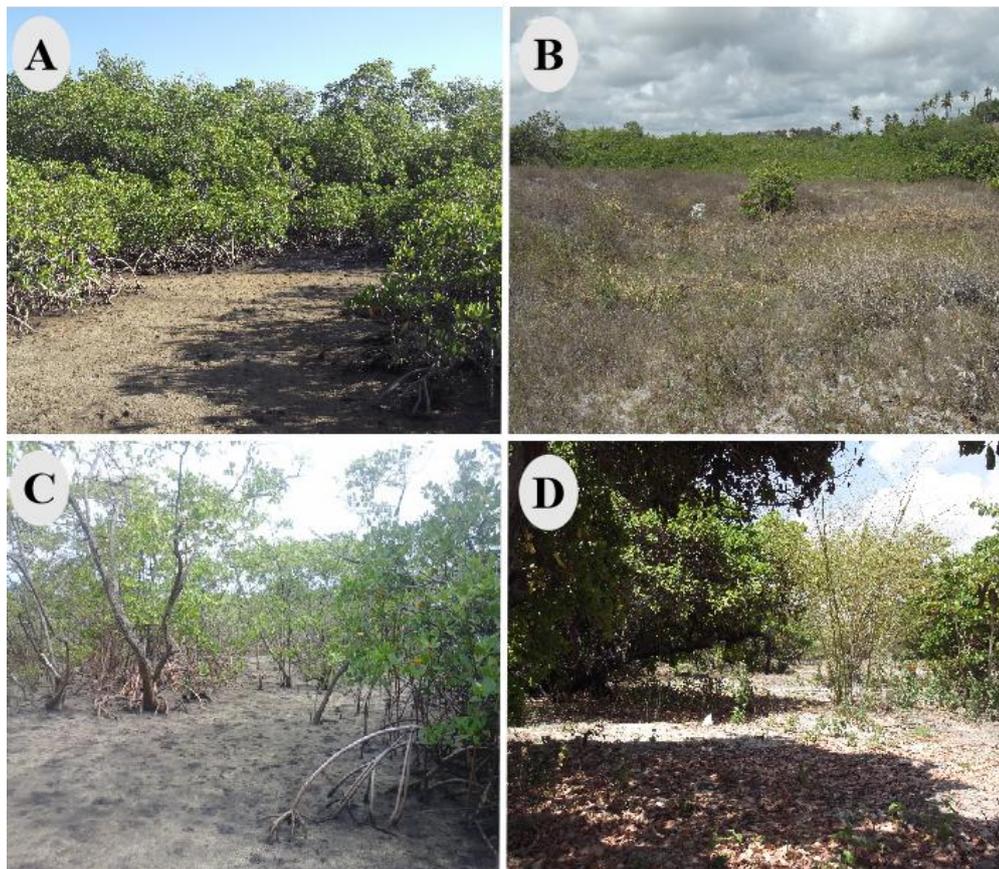
Os solos presentes na REBIO são do tipo Podzólicos vermelho-amarelo equivalentes eutróficos, Podzólicos Vermelho-Amarelo e Planossolos (Quebrangulo-AL) e Podzólicos Vermelho-Amarelo, Planossolos, Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos (Lagoa do Ouro - PE) (Studer et al. 2015, ICMBio, 2017).

A REBIO apresenta clima do tipo tropical úmido (As' - Köppen) com verão seco (Nordesta, 2019). A temperatura da região varia entre 20°C-35°C (INMET, 2019) e o acúmulo pluviométrico médio é de 1628 mm/ano. Os maiores picos de precipitação ocorrem entre os meses de maio e julho, com mais de 259 mm/mês e os períodos mais secos ocorrem entre outubro e fevereiro, com menos de 50 mm/mês (ICMBio, 2017).

A Unidade de Conservação de Pedra Talhada ou REBIO de Pedra Talhada apresenta fitofisionomia do tipo Floresta Ombrófila Submontana com áreas de até 800m de altitude. Nessas áreas prevalece o clima úmido favorecido pelos afloramentos rochosos (inselbergs) do planalto da Borborema que impedem a passagem de ventos oceânicos e, por condensação, captam o ar em forma de precipitação. Além disso, a REBIO, devido sua posição privilegiada, recebe influência de três tipos de biomas (Floresta Atlântica, Caatinga e Floresta Amazônica). Com isso, a área que hoje compreende a Unidade de Conservação serviu de refúgio florístico para vegetais que se mantiveram durante períodos de estiagem há muitos anos atrás. Além da diversidade de espécies vegetais, já foram identificadas nesse fragmento de floresta, 22 (10%) das 227 espécies de aves em perigo de extinção no Brasil (Studer et al. 2015).

São comuns na REBIO de Pedra Talhada, dentre outras, as famílias Anacardiaceae, Bignoniaceae, Fabaceae e Malvaceae e as espécies *Thyrsodium spruceanum* Benth. (camboatã-de-leite), *Tapirira guianensis* Aubl. (cupiúva), *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos (pau-d'arco), *Diplostropis incexis* Rizzini & A. Mattos (sucupira-preta), *Luehea ochrophylla* Mart. (açoita-cavalo) (Nusbaumer et al. 2015) (Figura 3).

Figura 2 – Áreas de estudo situadas no Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil. APA de Guadalupe, Pernambuco. A: Manguezal, B: Restinga. FLONA de Cabedelo, Paraíba. C: Manguezal, D: Restinga.



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Figura 3 – Áreas de estudo, situadas no Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil. Mata da Pipa (Sibaúma), Rio Grande do Norte. A: Manguezal (às margens do Rio Catú), B: Restinga. REBIO de Pedra Talhada, Alagoas, . C,D: Floresta Ombrófila.



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

2.2.1 Coleta de material liquênico, espécimes de mixomicetos e de amostras do córtex

Explorou-se a ocorrência de líquens e mixomicetos em campo analisando-se 240 forófitas (90 no manguezal e 90 na restinga; 60 Floresta Atlântica) selecionadas pelo diâmetro do tronco ($DAP \geq 30$ cm). Amostras do córtex de árvores vivas para montagem de câmaras úmidas (540) foram coletadas a altura do peito (1,30 m) em faixa de 0,6 m, de modo que contemplasse toda a circunferência do tronco. As amostras foram acondicionadas individualmente em sacos de papel e transferidas ao Laboratório de mixomicetos (Labmix) da Universidade Federal de Pernambuco.

Para montagem das câmaras-úmidas foram utilizadas placas de Petri (9 cm diâm.), forradas com papel filtro sobre o qual foram dispostas amostras compostas (obtidas em toda circunferência do tronco), com três repetições, totalizando 180 cultivos / ecossistema. Os cultivos foram mantidos em condições de luz e temperatura de laboratório e observados quanto à presença de líquens e mixomicetos em intervalos de 2, 6, 11, 21 e 40 dias (Novozhilov et al, 2000). Líquens e mixomicetos presentes em uma mesma câmara úmida foram identificados e computados para análise de coocorrência.

2.3.1 Identificação e herborização dos espécimes

Para análise e identificação dos espécimes de líquens e mixomicetos foram utilizados estereomicroscópio e microscópio óptico. Em casos especiais, as microestruturas de mixomicetos foram examinadas com auxílio de microscópio eletrônico de varredura (Estrada-Torres et al, 2001; Barbosa et al, 2009).

Para identificação dos mixomicetos foram utilizadas as monografias de Martin & Alexopoulos (1969), Farr (1976), Nannenga-Bremekamp (1991), Lado & Pando (1997) e Poulain et al. (2011), complementadas com Lado (2005-2020), além de artigos recentes sobre o grupo.

A identificação dos líquens seguiu Staiger (2002), Sipman (2003), Cáceres (2007), Aptroot & Schumm (2008), Archer & Elix (2009), Dal-Forno (2009) e Lücking et al. (2009). Foram utilizadas a nomenclatura on-line CABI (www.indexfungorum.org) e artigos recentes do grupo dos líquens.

Amostras representativas das espécies assinaladas em cada local foram depositadas na coleção dos Herbários Pe. Camille Torrend (URM) e Geraldo Mariz (UFP), sediados nos Departamentos de Micologia e Botânica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

2.4.1 Extração de DNA, PCR e sequenciamento

Extração de DNA foi utilizada para complementar análise de uma potencial nova espécie de *Diderma*. Esporângios desenvolvidos em câmara-úmida foram colocados em tubos de eppendorf de 2 mL com 7 mm. Todo material presente no tubo foi congelado em nitrogênio líquido e em seguida processado em macerador automático por 5 min a 50 oscilações por segundo. A extração do DNA seguiu o protocolo baseado em 2 × CTAB (Cetyl Trimethyl

Ammonium Bromide) descrito por Doyle & Doyle (1987). O DNA extraído foi corado com GelRed e avaliado em eletroforese 1% de gel agarose por meio de transiluminador UV acoplado a sistema de fotodocumentação Doc-Print-II (Vilber Lourmat). O DNA extraído foi quantificado em NanoDrop (ThermoFisher Scientific). Para amplificação (Polymerase Chain Reaction - PCR), foram selecionados dois pares de primers previamente publicados. Os primers S1 (5' AACCTGGTTGATCCTGCC 3') e SU19R (5' CTGAGTAACAATTAGAGGACA 3') descritos por Fiore-Donno et al. (2008) foram utilizados para amplificar a região parcial SSU rDNA. A segunda região selecionada foi o gene EF1a, amplificado com auxílio dos primers PB1F (5' ACCCGTGAGCACGCTCTCCT 3') e PB1R (5' GCACATGGGCTTGGAGGGG 3') desenhados por Novozhilov et al. (2014). Testes de amplificação foram feitos para duas regiões. O volume final da reação foi de 50 µL contendo 1 × enzima tampão (Invitrogen™), 3 mM MgCl₂, 0.2 µM dNTP, 0.1 µM de cada primer, 1 × TBT e 1.25 U de Taq DNA polimerase (Invitrogen™). A amplificação foi realizada em termociclador (Veriti Thermal Cycler - ThermoFisher Scientific).

Após a desnaturação inicial (5 min a 95° C), foram produzidos 35 ciclos compostos desnaturados (1 min a 95 ° C). O anelamento dos primers foi realizado em tempo e temperatura variando entre 60–90° C a 50–58 °C, seguida por extensão final de 10 min a 72 ° C. Os produtos da amplificação foram corados com GelRed (Biotium), separados por eletroforese com gel agarose 3% e observados em transiluminador acoplado a sistema de fotodocumentação (Doc-Print-II - Vilber Lourmat).

A região parcial SSU não amplificou em nenhum dos testes realizados, e com isso, ela foi excluída das análises filogenéticas. A região do gene EF1a foi fortemente amplificada a uma temperatura de anelamento de 53 ° C por 90s. O produto da PCR foi purificado por precipitação e sequenciado em sequenciador automático ABI 3100 (Applied Biosystem, USA) na plataforma de sequenciamento do Centro de Biociências (UFPE).

As sequências foram tratadas e alinhadas no programa GENEIOUS v.7.1.9 (Kearse et al 2012) junto com nove espécies dos gêneros *Diderma* e *Physarum* selecionados a partir da região SSU. As sequências foram obtidas do GenBank, e duas espécies de *Physarum* foram utilizadas como grupo externo na filogenia.

2.4.1.1 Análises filogenéticas

Duas análises filogenéticas da nova espécie foram realizadas empregando-se plasmodiocarpos originados do mesmo plasmódio, cujas frutificações foram também submetidas à análise morfológica. Para ambas as análises, foi utilizado o melhor modelo de encaixe (Best-fit model) de substituição de nucleotídeos obtidos através do programa jmodeltest2 (Posadas, 2008), utilizando-se o critério e informação Akaike (AIC). A análise de Máxima Verossimilhança (ML) foi realizada com utilização do RAxML v.8.2.8 plugin (Stamatakis, 2016), implementado no GENEIOUS v.7.1.9 (Kearse et al. 2012). Foram selecionadas opções de *Rapid bootstrapping algorithm, search for Best-scoring ML tree analyses e tree search* definido para 10.000 replicatas. As árvores com os valores de bootstrap foram geradas no Figtree v.1.4.2 (Rambaut et al. 2014). Os valores de suporte de Bootstrap foram interpretados considerando: 50–74% fraco, 75%–89% moderado, e $\geq 90\%$ forte. A análise de Inferência Bayesiana foi realizada no BEAST v.1.8.3 (Drummond et al. 2012), o *Yule process* foi selecionado como árvore prévia e o modelo UCLD foi aplicado para partição. A análise MCMC foi feita com 10 milhões de gerações e amostragens a cada 1000 gerações. O tempo de série dos dados de todos os parâmetros foi analisado em Tracer v.1.5 (Rambaut & Drummond, 2009) de modo a verificar a efetividade adequada do tamanho das amostras (ESS > 200). Após a remoção de 25% das amostras com a função *burn-in*, foi construída uma árvore de máxima credibilidade (MCC) utilizando o TreeAnnotator v.1.8.2. (Drummond et al 2012).

2.5.1 Caracterização do microambiente

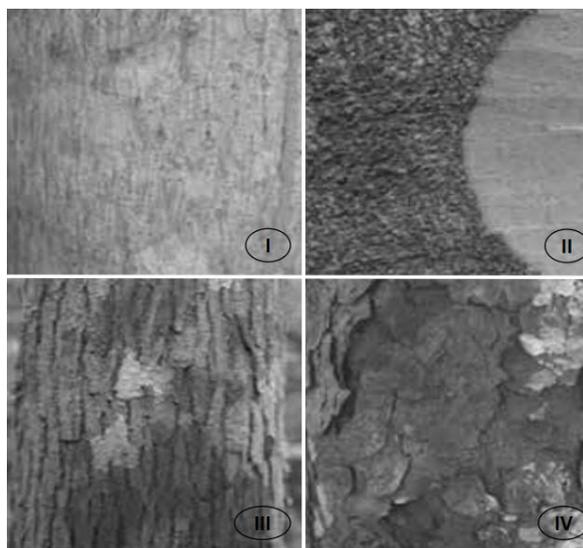
Dados referentes à abertura de dossel, diâmetro do tronco a altura do peito (DAP), tamanho da copa, altura das forófitas, rugosidade, pH do córtex e salinidade, foram utilizados como parâmetros bióticos e abióticos relacionados com a distribuição dos líquens e mixomicetos nos troncos das forófitas. Os valores do DAP foram obtidos através da relação entre a circunferência do tronco medida a 1,30 m e o valor 3,1416 ($DAP = cap/\pi$).

Para classificar a rugosidade do córtex foram estabelecidos quatro níveis: I- casca lisa com desprendimento; II- casca lisa a levemente áspera; III- casca fendida longitudinalmente, desprendendo-se em faixas alongadas; IV- casca com placas quadradas, arredondadas, retangulares e / ou alongadas (Figura 3).

O pH do córtex foi aferido utilizando-se medidor manual considerando-se acidez (0–6,9) neutralidade (7,0) ou basicidade (7,1–14) indicados após sua estabilização. Para análise da luminosidade incidente sobre cada forófito foi utilizada câmera fotográfica anexada à lente “olho-de-peixe”, através da qual foram realizadas fotografias do dossel em ângulos de 180°. Com a câmera posicionada para o norte magnético com auxílio de bússola foram captadas imagens em triplicata do dossel de cada forófito (Koch et al. 2013). As imagens foram produzidas no período da tarde entre 16 h – 17: 30 h e analisadas com auxílio do software Gap Light Analyser (GLA) versão 2.0 (Frazer et al. 1999).

A salinidade presente nas cascas estudadas foi mensurada com auxílio de refratômetro de dupla escala (0–100%), escala gravidade específica 1.000–1.070 (densidade), ATC compensação automática de temperatura (10 a 30 graus), compensação automática da temperatura (ATC): 10 ° C ~ 30 ° C (50 ° F ~ 86 ° F).

Figura 4 – Tipos de rugosidade do córtex. I: casca lisa com pouco desprendimento (Figueira-da-pedra - *Ficus enormis* (Miq.) Miq.); II: casca levemente áspera (Munguba - *Eriotheca macrophylla* K. Schum.); III: casca delgada fendida longitudinalmente, desprendendo em faixas alongadas (Cedro branco - *Cedrela fissilis* Vell.); IV: casca com placas quadradas, arredondadas, retangulares e / ou alongadas (Angelim - *Andira nitida* Mart. ex Benth.).



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

2.6.1 Análise dos dados

Para caracterizar as comunidades de líquens e mixomicetos corticícolas registradas em cada ecossistema, foram analisados:

- Coeficiente de comunidades (C/C): baseado no coeficiente de Sørensen Czekanowski, que relaciona espécies comuns às duas áreas amostradas e a soma das espécies registradas em ambas ($CC = 2c/a + b$) (Novozhilov et al. 2000).
- Índice de diversidade taxonômica: relação entre o número de espécies e gêneros (S/G) encontrados nas estações de coleta (Cavalcanti et al. 2006).
- Índices ecológicos de Shannon ($H' = - \sum P_i \ln P_i$) e Simpson ($D = \sum P_i^2$) foram utilizados para medir a diversidade dos ecossistemas estudados.
- A comparação entre comunidades (diversidade beta - β), quanto aos seus índices de diversidade e equitabilidade foi realizada a partir dos perfis de diversidade de Hill & Renyi (Hill 1973).
- Espécies indicadoras: realizada através do teste de Monte Carlo para indicação de espécies relacionadas a uma ou mais áreas dos ecossistemas estudados. Os resultados dessa análise determinam a constância ou fidelidade das espécies a um grupo. O cálculo é realizado através da média ponderada, interpretada como o produto da abundância relativa multiplicada pela frequência relativa, vezes 100. Dessa forma, para cada espécie é dado um valor de importância (IV). As espécies indicadoras para cada grupo ou *cluster* são aquelas com o maior valor absoluto de IV (Dufrêne & Legendre, 1997, Legendre & Legendre, 1998, McCune & Grace, 2002).

Análise de variância (ANOVA) e análise de *cluster* foram utilizadas para mensurar a ocorrência das espécies entre os ecossistemas. Análises multivariadas, como Escalonamento Multidimensional não-Métrico (NMDS) e CCA foram utilizadas para relacionar as espécies com variáveis ambientais. Para as análises mencionadas foram utilizados os programas PC-ORD 6.0 (McCune & Mefford, 2011) e Rproject (<https://www.r-project.org/>).

Para análise de Mantel simples foram relacionadas três matrizes de distância (Euclidana): espécies (riqueza), geográfica (coordenadas geográficas), ambiental (elevação, distância do mar, temperatura média anual, precipitação média anual) (rM – Legendre & Legendre, 1998) testada por 10.000 permutações. O teste tem como hipótese nula a ausência de correlação linear entre duas matrizes de distância (Legendre & Legendre, 1998).

Para verificar a coocorrência entre as espécies de mixomicetos e líquens foi utilizado o programa Ecosim (Gotelli & Entsminger, 2005). O simulador compara os dados de presença /

ausência das espécies amostradas baseado em três modelos principais, linhas e colunas fixas, linhas e colunas equiprováveis e linhas e colunas proporcionais indicados de acordo com o conjunto de dados a ser utilizado.

O modelo também utiliza uma matriz com pares de espécies e verifica unidades amostrais em que uma das espécies ocorre na ausência da outra [$CU=(r_i - S)*(r_j - S)$], onde r_i (soma das ocorrências da espécie i), r_j (soma das ocorrências da espécie j) e S (número de sítios onde as espécies coocorrem). Através de sucessivas randomizações (10.000) o programa fornece índices baseados no conceito de "*checkerboard*" em forma de C-score (médias de *checkerboard*) das espécies (Stone & Roberts, 1990). Os valores dos índices são utilizados para comparações com o modelo nulo, o que permite inferir as associações observadas.

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

3.1 LIQUENS E MIXOMICETOS DO MANGUEZAL DO CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO

3.1.1 Liquens

Nas três áreas de mangue estudadas no CEPE, foram obtidos 389 espécimes de líquens, distribuídos em oito ordens, 12 famílias e 51 espécies, sendo 26 no manguezal de Sibaúma, 24 em Cabedelo e 23 em Guadalupe (Tabela 1). O maior número de espécimes foi obtido em Cabedelo (42,67%), pouco mais de um terço em Guadalupe (39%) e apenas 18,50% no manguezal de Sibaúma.

As ordens que mais se destacaram quanto ao número de espécimes foram Ostropales (35%) e Caliciales (27%), seguidas de Pleosporales (2%), Peltigerales (4%) e Pyrenulales (6%), que foram as menos representativas.

A maioria das espécies (86%) são novas ocorrências para o ambiente de manguezal no Brasil, pois apenas *B. russeola*, *C. pellita*, *E. subquassiaecola*, *G. cicatricosa*, *P. flavens*, *P. dendritica* e *P. cerina* já tinham sido identificadas em mangues brasileiros (Tabela 1). *Enterographa anguinella*, *Graphis nana*, *Hafellia bahiana*, *Lecanora helva* e *Pertusaria ochraceoflava* estiveram presentes nos três manguezais estudados. Treze espécies (25,49%) foram exclusivas do manguezal Guadalupe, representadas pelas famílias Caliceaceae e Graphidaceae. Dezesete espécies (33,33%) ocorreram apenas em Cabedelo, com destaque

para os representantes das famílias Caliceaceae, Coccocarpiaceae e Graphidaceae. O manguezal de Sibaúma apresentou 11 espécies exclusivas (21,56%), sendo os gêneros *Hafellia* e *Pertusaria* e as famílias Caliceaceae e Pertusariaceae os mais comuns.

Tabela 1 – Espécies de líquens corticícolas crostosos presentes em três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Táxon | MG | MC | MP | IV | Média±desvio padrão | p |
|---|----|----|----|------|---------------------|--------|
| <i>Amandinea endachroa</i> (Malme) Marbach. * | X | | X | 3,3 | 4,3±2,34 | 0,7584 |
| <i>A. extenuata</i> (Müll. Arg.) Marbach* | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Arthopyrenia planorbis</i> (Ach.) Muell. Arg.* | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Bacidia</i> aff. <i>russeola</i> (Kremp.) Zahlbr. | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Bactrospora</i> aff. <i>intermedia</i> Egea & Torrente.* | X | | X | 6,9 | 5,7±2,77 | 0,4099 |
| <i>Baculifera entochlora</i> (J. Steiner) Marbach.* | X | | X | 5,6 | 4,3±2,34 | 0,3203 |
| <i>B. remensa</i> (Stirt.) Marbach.* | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Coccocarpia pellita</i> (Ach.) Müll. Arg. | | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Cratiria Melanochlora</i> (Kremp.) Marbach.* | | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Enterographa</i> sp. Fée. | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>E. anguinella</i> (Nyl.) Redinger.* | X | X | X | 8,3 | 7,3±3,08 | 0,3963 |
| <i>E. multilocularis</i> (Müll. Arg.) Sparrius.* | | X | X | 1,7 | 3,3±2,33 | 1,0000 |
| <i>E. subquassiaecola</i> M. Cáceres & Lücking. | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Fissurina dumastii</i> Fée.* | | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Gassicurtia curatellae</i> (Malme) Marbach* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Glyphis cicatricosa</i> Ach. | | X | X | 6,7 | 3,9±1,97 | 0,3337 |
| <i>G. scyfulifera</i> (Ach.) Staiger.* | | X | | 16,7 | 5,7±2,72 | 0,0096 |
| <i>Graphis</i> sp. Adans | | X | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>G. furcata</i> Fée.* | | X | X | 5,6 | 4,5±2,41 | 0,5509 |
| <i>G. immersella</i> Müll. Arg.* | | X | | 6,7 | 3,6±2,07 | 0,3155 |

| | | | | | | |
|--|---|---|---|-------------|------------------|---------------|
| <i>G. lineola</i> Ach. * | | X | X | 5,0 | 4,4±2,30 | 0,5545 |
| <i>G. nana</i> (Fée) Spreng. * | X | X | X | 1,7 | 3,3±2,36 | 1,0000 |
| <i>G. pinicola</i> Zahlbr. * | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>G. submarginata</i> Lücking. * | X | | X | 5,7 | 4,7±2,40 | 0,5571 |
| <i>G. Supracola</i> Archer A. * | | X | X | 16,7 | 5,5±2,65 | 0,0080 |
| <i>G. urandreae</i> Vain. * | | | X | 6,7 | 3,3±2,35 | 0,3271 |
| <i>Hafellia</i> aff. <i>subnexa</i> (Malme) Marbach. * | | X | | 6,7 | 3,3±2,34 | 0,3249 |
| <i>H. bahiana</i> (Malme) Sheard. * | X | X | X | 9,6 | 9,9±3,48 | 0,4567 |
| <i>H. curatellae</i> (Malme) Marbach * | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>H. pruinosa</i> Marbach & Kalb. * | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Lecanora achroa</i> Nyl. * | X | X | | 4,0 | 4,3±2,36 | 0,7794 |
| <i>L. aff. tropica</i> Zahlbr. * | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>L. helva</i> Stizenb. * | X | X | X | 26,8 | 17,6±3,90 | 0,0278 |
| <i>Leucodectum occultum</i> (Eschw.) Frisch. * | | X | | 73,3 | 13,8±3,77 | 0,0002 |
| <i>Pertusaria</i> aff. <i>flavens</i> Nyl. * | | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>P. aff. heterochroa</i> Müll. Arg. * | | X | | 6,7 | 3,7±2,08 | 0,3261 |
| <i>P. aff. leucostoma</i> (Bernh.) Massal. * | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>P. flavens</i> Nyl. | | | X | 40,0 | 10,5±3,64 | 0,0002 |
| <i>Phaeographis</i> aff. <i>tortuosa</i> (Ach.) Müll. Arg. * | X | | | 6,7 | 3,7±2,09 | 0,3277 |
| <i>P. dendritica</i> (Ach.) Müll. Arg. | X | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>P. nylanderii</i> (Vain.) Zahlbr. * | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>P. tortuosa</i> (Ach.) Müll. Arg. * | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Porina</i> cf. <i>melanops</i> Malme * | | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Protoparmelia</i> sp. M. Choisy | | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Pyrenula cerina</i> Eschw. | X | | | 6,7 | 3,3±2,35 | 0,3297 |
| <i>P. microcarpa</i> Müll. Arg. * | | X | | 6,7 | 3,6±2,07 | 0,3189 |
| <i>P. ochraceoflava</i> (Nyl.) R.C. Harris. * | X | X | X | 29,5 | 18,9±4,00 | 0,0375 |
| <i>Stigmatochroma adauctum</i> (Malme) Marbach * | X | | | 6,7 | 3,8±1,93 | 0,3103 |
| <i>S. epimarta</i> (Nyl.) Marbach. * | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |

| | | | | |
|--|------|------|----------|--------|
| <i>S. gerantoides</i> (Stirt.) Marbach.* | X | 10.0 | 4,3±2,31 | 0,1034 |
| <i>S. metaleptoides</i> (Nyl.) Marbach.* | X | 3.3 | 3,3±0.05 | 1,0000 |
| Total de espécimes | 151 | 166 | 72 | |
| Diversidade taxonômica | 1,91 | 2,18 | 2,16 | |
| Diversidade de Shannon | 2,42 | 2,43 | 2,15 | |
| Diversidade de Simpson | 0,86 | 0,85 | 0,81 | |

MG= Manguezal da Área de Proteção Ambiental Guadalupe, Pernambuco; MC= Manguezal da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo, Paraíba; MP= Manguezal do Parque Estadual Mata da Pipa, Rio Grande do Norte (Sibaúma). IV= valor de indicação (Espécie indicadora); Mean= média; SD= desvio padrão; valores em negrito correspondem às espécies indicadoras ($\geq 25\%$; $p \leq 0,05$). Novos registros para manguezais do Brasil (*).

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

O índice de diversidade de Shannon enfatiza as espécies raras e atinge valores altos quando todas as espécies apresentam distribuições muito próximas. As três áreas de manguezal estudadas apresentaram valores muito próximos (Cabedelo 2,432795; Guadalupe 2,426741), sendo Sibaúma o menos diverso (2,157231).

O índice de Simpson mede a probabilidade de dois indivíduos sorteados de uma comunidade pertencerem a um mesmo táxon; as espécies mais comuns apresentam maior peso para soma dos quadrados das proporções e espécies raras contribuem menos. Os valores obtidos indicam que as áreas de mangue estudadas apresentam baixa diversidade e apresentam poucas diferenças entre si. O manguezal de Sibaúma foi o mais diverso (0,8175154) seguido por Cabedelo (0,8569459) e Guadalupe (0,8647866).

Os perfis de diversidade (β) mostram que há elevada equitabilidade dentro das comunidades. Sendo assim, nos manguezais de Cabedelo, Guadalupe e Sibaúma não há grandes diferenças entre o número de indivíduos por espécie e não há espécies dominantes (Figura 4).

Os valores para coeficiente de comunidade podem variar desde 0, na ausência de gêneros ou espécies em comum nas duas áreas, até 1, quando todos os gêneros ou espécies estão presentes nas duas áreas. As comunidades liquênicas dos manguezais de Guadalupe e Sibaúma são semelhantes (75%) quanto aos gêneros, assim como de Cabedelo e Sibaúma (50%), porém a comunidade de Guadalupe assemelha-se pouco à encontrada no manguezal de Cabedelo (41%). *Enterographa*, *Graphis*, *Hafellia*, *Lecanora* e *Pyrenula* foram identificados

nos três manguezais estudados. *Lecanora*, assim como *Enterographa* e *Graphis* destacaram-se como os gêneros que mais compartilharam espécies, o primeiro compartilhado principalmente nas comunidades de Guadalupe e Cabedelo e os dois últimos em Cabedelo e Sibaúma.

Considerando as espécies, os manguezais são distintos quanto à composição das liquenobiotas, principalmente quando se considera a FLONA de Cabedelo e a APA de Guadalupe (25%), enquanto Sibaúma se assemelha pouco a Guadalupe (40%) e Cabedelo (44%) (Tabela 2).

O manguezal da FLONA de Cabedelo encontra-se muito degradado, apesar dos esforços feitos pelo ICMbio para sua restauração desde sua criação legal em 2004 (Decreto Presidencial s/n de 02 de junho de 2004). Nele foram registrados apenas 72 espécimes distribuídos em cinco gêneros. Entretanto, essa área apresentou-se como a mais diversa dentre as três áreas estudadas, com 26 espécies identificadas. Os manguezais de Guadalupe e de Sibaúma são mais conservados e foram verificadas semelhanças acentuadas quanto aos gêneros (75%) neles presentes.

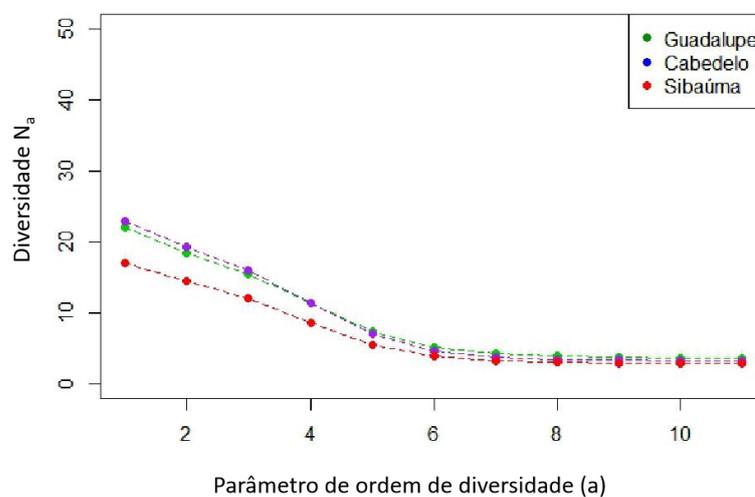
Tabela 2 – Similaridade de gêneros e espécies entre as comunidades de líquens corticícolos crostosos registrados em três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| | Cabedelo | Guadalupe | Sibaúma |
|------------------|-----------------|------------------|----------------|
| Cabedelo | 1,00 | **0,41 | **0,50 |
| Guadalupe | *0,25 | 1,00 | **0,75 |
| Sibaúma | *0,44 | *0,40 | 1,00 |

* Coeficiente de comunidade entre espécies ** Coeficiente de comunidade entre gêneros.

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Figura 5 – Perfis* de diversidade de líquens corticícolos crostosos em três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil



* (Renyi & Hill 1973)

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Estimadores de riqueza de espécies são amplamente utilizados em estudos ecológicos pois são importantes para comparar, relacionar e caracterizar diferentes áreas, mesmo que as espécies representadas não correspondam à totalidade da real riqueza dos ambientes em estudo (Ugland et al. 2003, Sonogo et al. 2007).

Os métodos de estimativa de riqueza empregados neste trabalho apresentaram valores estimados distintos entre si porque consideram diferentes pontos em suas randomizações. O índice Chao (1), por exemplo, estima a riqueza total utilizando o número de espécies representadas por apenas um indivíduo nas amostras; o método Jackknife (1) estima a riqueza total utilizando o número de espécies que ocorrem em apenas uma amostra (*uniques*) enquanto Jackknife (2) utiliza os “*uniques*” e também o número de espécies que ocorrem em duas amostras “*duplicates*”. O Bootstrap estima a riqueza total utilizando dados de todas as espécies, não se restringindo às raras.

A riqueza registrada foi representativa para os três manguezais estudados, tendo em vista que a quantidade de espécies foi muito próxima aos valores obtidos com os estimadores Chao (Cabedelo) e Bootstrap (Guadalupe e Sibaúma) (Tabela 3).

Tabela 3 – Estimadores de riqueza de espécies de líquens corticícolas crostosos presentes em três unidades de conservação de manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Manguezal | Espécies(nº) | Chao | SE | Jack1 | SE | Jack2 | Boot | SE |
|------------|--------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
| Guadalupe* | 23 | 30,055 | 6,695 | 31,666 | 5,355 | 35,593 | 26,476 | 3,368 |
| Cabedelo** | 24 | 26,437 | 3,264 | 30,733 | 3,643 | 30,089 | 27,038 | 2,613 |
| Sibauma*** | 26 | 46,241 | 27,707 | 27,633 | 4,009 | 36,097 | 29,274 | 2,049 |

*APA de Guadalupe (PE), **FLONA de Cabedelo (PB), *** PE Mata da Pipa (Sibaúma) (RN)

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

O esforço de coleta empregado na pesquisa foi suficiente para avaliar a riqueza de espécies dos três manguezais estudados, pois os valores atingiram mais de 50% dos táxons previstos pelos estimadores de riqueza. O manguezal de Guadalupe alcançou entre 72 e 86% da quantidade de espécies estimadas. Cabedelo, a que mais se aproximou do esperado em quantidade de espécies, atingiu entre 78 e 90% do estimado. O manguezal de Sibaúma apresentou características atípicas. Considerando o estimador Chao, o esforço de coleta garantiu apenas 56,22% do total de espécies estimadas, ressaltando que nessa estimativa o erro padrão foi alto ($SE \pm 27,707$) enquanto as espécies identificadas atingiram 94% do estimado pelo estimador Jackknife (Tabela 4).

Tabela 4 – Riqueza alcançada de líquens corticícolas crostosos coletados em três unidades de conservação de manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Manguezal | Espécies (nº) | Chao | Jack1 | Jack2 | Boot |
|------------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | |
| Guadalupe* | 23 | 76,52 | 72,63 | 64,61 | 86,87 |
| Cabedelo** | 24 | 90,78 | 78,09 | 79,76 | 88,76 |
| Sibauma*** | 26 | 56,22 | 94,09 | 72,02 | 89,65 |

* APA de Guadalupe (PE), ** FLONA de Cabedelo (PB), *** Parque Estadual Mata da Pipa (RN).

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

A riqueza de líquens presente nos manguezais de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma apresenta distribuição de suas probabilidades em conformidade com a curva de Gauss ($W = 0,8168$, $P = 3,358$). Também foram constatadas igualdade entre as variâncias das populações (Bartlett's K-squared = 1,456, $P = 0,4829$). Entende-se, portanto, que as comunidades de líquens estudadas apresentam distribuição normal e são homogêneas, sendo esses os principais pressupostos para análise de variância (ANOVA) (Tabela 5) (Figura 5).

Segundo a ANOVA não houve diferença entre as médias de riqueza de líquens dentro e entre os tratamentos (manguezais), confirmado pelo teste a posteriori de Tukey, que também indica não haver diferenças entre as riquezas das comunidades liquênicas presentes nos manguezais de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma (Tabela 6).

Apesar de apresentarem pressupostos diferentes, o teste *a posteriori* de Tukey e o Coeficiente de Comunidades (CC) são complementares. O primeiro identifica se a diferença entre as riquezas de espécies das comunidades tem significância estatística, enquanto o segundo avalia a semelhança na composição de espécies entre os tratamentos. Ao final, apesar de apresentarem sensibilidades diferentes, ambos informam se as comunidades são ou não diferentes/semelhantes. Tukey considera diferenças significantes aquelas com $P \leq 0,05$. Na análise do Coeficiente de Comunidade, índices entre 50%–100% indicam que a composição das comunidades é semelhante, compartilhando mais da metade dos gêneros ou espécies. Considerando o CC, fica evidente que os três manguezais são diferentes entre si na composição da comunidade liquênica ($CC_{\text{Guadalupe vs Cabedelo}} = 25\%$; $CC_{\text{Guadalupe vs Sibaúma}} = 40\%$; $CC_{\text{Cabedelo vs Sibaúma}} = 44\%$), porém se assemelham quanto à riqueza de espécies, desde que a diferença entre os valores encontrados não apresenta significância estatística, segundo o teste de Tukey ($P \geq 0,05$) (Tabela 6).

Tabela 5 – Análise de variância da riqueza de líquens corticícolas nos manguezais de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma (Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil).

| | Graus de Liberdade | Soma dos quadrados | Média dos Quadrados | F | Pr(>F) |
|----------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------|------------------|
| Locais | 2 | 1,04 | 0,5193 | 1,109 | 0,334 |
| Resíduos | 87 | 40,73 | 0,4682 | | |

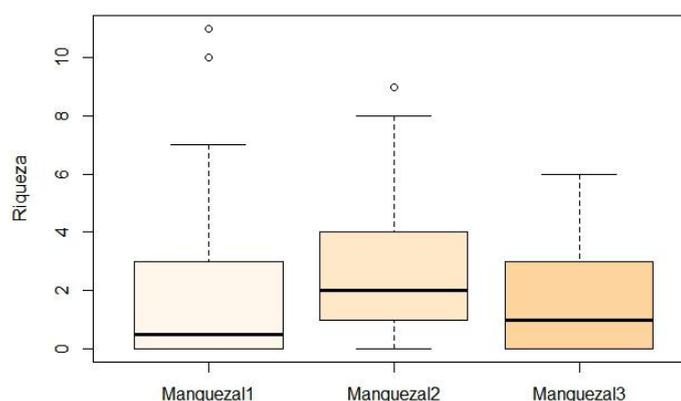
Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Tabela 6 – Teste de Tukey (95% conf.). Múltipla comparação entre médias da riqueza de líquens corticícolas crostosos coletados nos manguezais de Guadalupe (1), Cabedelo(2) e Sibaúma (3), no Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Manguezais | Diferença | Limite Inferior | Limite superior | P ajustado |
|--------------|-------------|-----------------|-----------------|------------|
| Man2 vs Man1 | 0,17843669 | -0,2428403 | 0,5997137 | 0,5725908 |
| Man3 vs Man1 | -0,07826654 | -0,4995435 | 0,3430104 | 0,8976123 |
| Man3 vs Man2 | -0,25670323 | -0,6779802 | 0,1645738 | 0,3186307 |

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Figura 6 – Análise de variância da riqueza de espécies de líquens corticícolas crostosos nos manguezais de Guadalupe - PE (Manguezal 1), Cabedelo - PB (Manguezal 2) e Sibaúma - RN (Manguezal 3), do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.1.1.1 Espécies Indicadoras

Os líquens são organismos cosmopolitas, porém algumas de suas espécies são encontradas preferencialmente em nichos ecológicos específicos (Will-Wolf & Lüking, 2016). As espécies epifíticas *Letharia vulpina* (L.) Hue., e *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., por exemplo, são reconhecidas como indicadoras de ambientes situados em elevadas altitudes e áreas altamente conservadas. Quando presentes em outros tipos de ambientes essas duas espécies normalmente apresentam baixa abundância de espécimes (Kalwij et al. 2005, Bolliger et al. 2007).

Certas espécies apresentam alta fidelidade e especificidade a alguns tipos e condições de habitat e são consideradas indicadoras ambientais (Niemi & McDonald, 2004; Heink & Kowarik, 2010).

No presente estudo, *Lecanora helva* (IndVal $\geq 25\%$; $p \leq 0,05$) foi considerada indicadora do manguezal da APA de Guadalupe enquanto *Leucodectum ocutum* (IndVal $\geq 25\%$; $p \leq 0,05$) e *Pertusaria flavens* (IndVal $\geq 25\%$; $p \leq 0,05$) foram consideradas indicadoras do manguezal da FLONA de Cabedelo. Alguns autores, como Mendonça (2014), Andrade (2015) e Rosabal et al. (2013) utilizam apenas valores de significância ($p \leq 0,05$) para determinar se uma espécie deve ser ou não considerada como indicadora. Nesta pesquisa, foram tomadas como indicadoras aquelas espécies com valores de significância menores ou iguais a 5% e com valores de indicação (IndVal) $\geq 25\%$, seguindo o critério adotado por Dufrene & Legendre (1997). Apesar de *Glyphis scyfulifera* e *Graphis supracola*, ambas do manguezal de Cabedelo, apresentarem significância estatística ($\leq 0,05$), seus valores de indicação não foram superiores a 25%. Mesmo assim, as espécies citadas destacaram-se pela elevada frequência e abundância no manguezal de Guadalupe.

Alguns autores, como Vondrák & Kubásek (2019), distinguem espécies de elevada fidelidade, que ocorrem em todas as áreas estudadas de um determinado tipo de ambiente, e espécies de alta especificidade, ocorrendo exclusivamente em uma área ou grupo particular. Boas espécies indicadoras são fidedignas, ou seja, ocorrem em todos os grupos de determinada fitofisionomia. Inserida nesse contexto, *L. helva*, além de ter sido considerada espécie indicadora dos manguezais estudados (IndVal $\geq 26,8\%$; $p \leq 0,05$), se destacou pela alta fidelidade, ocorrendo nos três fragmentos de manguezal pesquisados. Os táxons *Pertusaria flavens* e *Leucodecton ocutum* apresentaram altos índices de indicação (IndVal $\geq 40\%$; $p \leq 0,05$ / IndVal $\geq 73\%$; $p \leq 0,05$, respectivamente), mas ocorreram apenas em uma ou duas áreas de manguezal. Essas mesmas espécies (*P. flavens*: IndVal=50; P=0,0002 / *L. ocutum*: IndVal=50; P=0,0002) já foram consideradas por Mendonça (2014) como indicadoras de estágios intermediários e avançados de sucessão em ambientes de Caatinga. *Lecanora helva*, *P. flavens* e *L. ocutum* nunca tinham sido apresentadas como indicadoras de manguezais.

3.1.2 Mixomicetos

Nas três áreas de mangue estudadas no CEPE, foram obtidos 197 espécimes de mixomicetos, representando seis ordens, 10 famílias, 13 gêneros e 32 espécies, sendo 12 no manguezal de Sibaúma, 20 em Cabedelo e 18 em Guadalupe (Tabela 7). O maior número de espécimes foi obtido em Cabedelo (93), seguido de Guadalupe (70) e apenas 34 foram coletados no manguezal de Sibaúma (Tabela 7). Do total de 270 câmaras-úmidas montadas com o córtex de árvores vivas 62,6% foram positivas, destacando-se as amostras provenientes do manguezal de Cabedelo (91,5%), seguido por Guadalupe (73,3%) e Sibaúma (23,3%).

As ordens que mais se destacaram em número de espécimes foram Liceales (26,14%), Physarales (25,22%) e Trichiales (22,01%), enquanto Stemonitales (13,76%), Echinosteliales (11,09%) e Ceratiomyxales (1,83%), foram as menos representativas.

Dezesseis espécies (50%) e duas variedades (*C. fruticulosa* var. *arbuscula* (Berk. & Broome) Nann.-Bremek., e *D. effusum* var. *pachytricon* Nann.-Bremek.) estão sendo apresentadas como novas ocorrências para o ambiente de manguezal, no Brasil, elevando de 35 para 51 o número de espécies de mixomicetos conhecidas em mangues brasileiros e de 47 para 63 a quantidade de espécies registradas em manguezais no mundo (Cavalcanti & Agra 2019). *Arcyria cinerea*, *Clastoderma debaryanum*, *Cribraria confusa*, *Collaria arcyrionema* e *Physarum stellatum* estiveram presentes nos três manguezais estudados, dentre elas, o último táxon ainda não tinha sido referenciado para ambientes de manguezal. Cinco espécies (27,77%) foram exclusivas do manguezal de Guadalupe, representadas pelas famílias Trichiaceae, Stemonitaceae e Liceaceae. Dentre as exclusivas para Cabedelo *A. denudata* já tinha sido identificada em manguezais da China e Brasil (PE), enquanto *C. minutissima* e *L. biforis* estão sendo apresentadas como novas ocorrências para esse tipo de ambiente no mundo. Oito espécies (40%) ocorreram apenas em Cabedelo, com destaque para os representantes das Stemonitaceae (50%). O manguezal de Sibaúma apresentou poucas espécies exclusivas (41,66%), sendo os gêneros *Diderma* Pers. e *Perichaena* Fr. e as famílias Didymiaceae e Trichiaceae os mais comuns.

A mixobiota dos manguezais de Sibaúma (S/G=1,5) e Cabedelo (S/G=1,58) apresentaram diversidade taxonômica semelhantes. Embora a mixobiota de Guadalupe tenha sido a menos diversa, ela também apresenta indicação de alta diversidade de táxons (S/G= 2,0). Bons índices de diversidade também foram constatados em manguezais do Maranhão

(municípios de Araçagy e Rapousa) por Agra et al (2015), com S/G= 1,2 (11 espécies 9 gêneros e 5 famílias) com registro de espécies coletadas sobre *Rhizophora* sp em campo e câmara úmida, tendo como substrato troncos mortos, folhas e córtex.

Situação semelhante também foi encontrada nos manguezais de Rio Formoso - PE, inseridos nos domínios do Centro de Endemismo Pernambuco, como relataram Cavalcanti et al. (2014), que estudaram a mixobiota de *Conocarpus erectus* L. (casca de árvore viva, frutos e folheto de solo e aéreo) e registraram elevada diversidade taxonômica (S/G=1,53), com destaque para *Diachea leucopodia* (Didymiaceae), *Physarum auriscalpium* (Physaraceae) e *Stemonitis fusca* (Stemonitaceae). Em complemento ao estudo anterior, Cavalcanti et al. (2016) registraram diversidade taxonômica semelhante (S/G=1,57), obtendo 11 espécies e sete gêneros esporuladas sobre *Avicennia nitida*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* (folheto aéreo, gravetos aéreos e casca de árvores viva). Ainda dentro do CEPE, Barbosa et al. (2016) encontraram alta diversidade taxonômica (S/G=1,15) a partir do registro de 15 espécies corticícolas pertencentes a cerca de 70% das famílias da classe dos mixomicetos. Dentre esses táxons, oito (53,33%) também estiveram presentes nos três mangues do CEPE aqui estudados, tanto espécies comuns, como *A. cinerea*, *C. debaryanum*, *C. confusa*, *C. arcyronema* e *S. fusca*, quanto as menos frequentes, como *C. pulchella*, *L. kleistobolus* e *S. fuscoides*.

Tabela 7 – Espécies e índices de indicação de mixomicetos corticícolas coletados em três unidades de conservação de manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Espécie | MG | MC | MP | IV | MEAN±SD | p |
|---|----|----|----|------|-----------|--------|
| <i>Arcyria cinerea</i> (Bull.) Pers. | X | X | X | 10,8 | 7,8±3,16 | 0,1716 |
| <i>A. denudata</i> (L.) Wettst. | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>A. pomiformis</i> (Leers) Rostaf. | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Ceratiomyxa fruticulosa</i> (O.F. Müll.) T. Macbr. | | X | | 10,0 | 4,3±2,39 | 0,1050 |
| <i>C. fruticulosa</i> var. <i>arbuscula</i> (Berk. & Broome) Nann.-Bremek.* | | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Clastoderma debaryanum</i> A. Blytt | X | X | X | 11,2 | 11,0±3,40 | 0,3363 |
| <i>Comatricha pulchella</i> (C. Bab.) Rostaf. | | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |

| | | | | | | |
|--|-----|------|-----|-------------|------------------|---------------|
| <i>C. tenerima</i> (M.A. Curtis) G. Lister | | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Cribraria confusa</i> Nann.-Bremek. & Y. Yamam. | X | X | X | 26,8 | 14,5±3,59 | 0,0422 |
| <i>C. intricata</i> Schrad.* | | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>C. microcarpa</i> (Schrad.) Pers.* | X | X | | 2,7 | 4,4±2,32 | 0,7656 |
| <i>C. minutissima</i> Schwein.* | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>C. violacea</i> Rex | X | | X | 3,3 | 4,8±2,40 | 1,0000 |
| <i>D. deplanatum</i> Fr.* | | X | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>D. effusum</i> var. <i>pachytricon</i> Nann.-Bremek.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>D. saundersii</i> (Berk. & Broome ex Masee) E. Sheld.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Echinostelium minutum</i> de Bary | X | X | | 21,0 | 7,2±3,00 | 0,0038 |
| <i>Collaria arcyronema</i> (Rost.) Nann.-Brem | X | X | X | 9,2 | 9,4±3,16 | 0,6539 |
| <i>Licea biforis</i> Morgan.* | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>L. kleistobolus</i> G.W. Martin | X | X | | 5,0 | 4,4±2,32 | 0,5499 |
| <i>L. pedicellata</i> (H.C. Gilbert) H.C. Gilbert.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>L. testudinacea</i> Nann.-Bremek.* | X | X | | 11,4 | 5,5±2,67 | 0,0784 |
| <i>Oligonema flavidum</i> (Peck) Peck | | | X | 46,7 | 10,1±3,26 | 0,0002 |
| <i>Perichaena</i> aff. <i>Corticalis</i> (Batsch) Rostaf.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>P. depressa</i> Lib. | | | X | 6,7 | 3,4±2,37 | 0,3435 |
| <i>Physarum decipiens</i> M.A. Curtis.* | X | X | | 4,4 | 4,3±2,39 | 0,7694 |
| <i>P. echinosporum</i> Lister | X | X | | 6,0 | 5,3±2,63 | 0,6229 |
| <i>P. pusillum</i> (Berk. & M.A. Curtis) G. Lister.* | | | X | 6,7 | 3,3±2,35 | 0,3313 |
| <i>P. stellatum</i> (Masee) G.W. Martin.* | X | X | X | 46,0 | 11,5±3,44 | 0,0002 |
| <i>Stemonaria fuscoides</i> Nann.-Bremek. & Y. Yamam. | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>S. fusca</i> Roth | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>S. nigrescens</i> Rex.* | | X | | 6,7 | 3,3±2,33 | 0,3199 |
| Total de espécimes | 70 | 93 | 34 | | | |
| Diversidade taxonômica | 2,0 | 1,58 | 1,5 | | | |

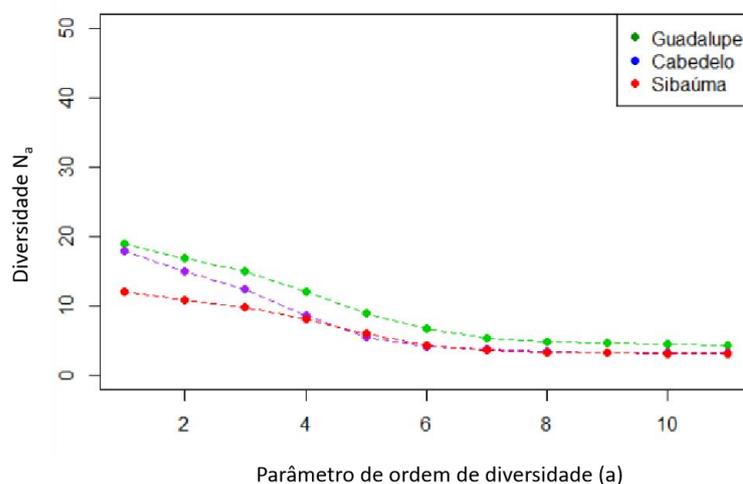
| | | | |
|------------------------|------|------|------|
| Diversidade de Shannon | 2,48 | 2,14 | 2,09 |
| Diversidade de Simpson | 0,88 | 0,81 | 0,83 |

MG= Manguezal da Área de Proteção Ambiental Guadalupe, Pernambuco ; MC= Manguezal da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo, Paraíba; MP= Manguezal do Parque Estadual Mata da Pipa, Rio Grande do Norte (Sibaúma). IV= valor de indicação; Mean= média; SD= desvio padrão; valores em negrito correspondem às espécies indicadoras ($\geq 25\%$; $p \leq 0,05$). Novos registros para os manguezais do Brasil (*).

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

A comparação entre as comunidades estudadas indica maior equitabilidade entre os manguezais de Cabedelo e Sibaúma. Guadalupe e Cabedelo apresentam riquezas mais similares, entretanto equitabilidade diferentes. Além disso, o manguezal de Guadalupe apresenta maior quantidade de espécies dominantes e, portanto, a menor equitabilidade dentre os ecossistemas pesquisados (Figura 7).

Figura 7 – Perfis* de diversidade de mixomicetos corticícolas de três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.



* (Renyi & Hill 1973)

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

O número de espécies de mixomicetos coletados atingiu mais de 50% da riqueza apontada pelos estimadores, sendo o bootstrap o estimador com o maior número de espécies estimada (Tabela 8).

Tabela 8 – Estimadores de riqueza de espécies de mixomicetos presentes em três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Ambiente | Espécies (n°) | Chao | SE | Jack1 | SE | Jack2 | Boot | SE |
|--------------|---------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Manguezal* | 18 | 26,098 | ±8,212 | 24,941 | ±2,623 | 28,899 | 21,064 | ±1,400 |
| Manguezal** | 21 | 41,026 | ±17,307 | 31,923 | ±3,293 | 39,833 | 25,547 | ±1,683 |
| Manguezal*** | 11 | 15,123 | ±4,836 | 15,948 | ±2,213 | 17,937 | 13,281 | ±1,21 |

* APA de Guadalupe (PE), ** FLONA de Cabedelo (PB), *** Parque Estadual Mata da Pipa (Sibaúma) (RN).

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

O esforço de coleta empregado na pesquisa foi suficiente para avaliar a riqueza de espécies dos três manguezais, pois os valores obtidos atingiram mais de 50% dos táxons previstos pelos estimadores empregados na análise (Tabela 9). O manguezal de Guadalupe (18) alcançou entre 62 e 85% da quantidade de espécies estimada. Cabedelo (21) atingiu entre 51 e 82% do estimado e Sibaúma (11) entre 61 e 82% das espécies. Considerando essas informações a riqueza do manguezal de Guadalupe foi a que mais se aproximou do esperado em quantidade de espécies. Sibaúma contemplou mais de 60% e Cabedelo a partir de 50% do táxons (Tabela 9).

Tabela 9 – Riqueza alcançada de espécies de mixomicetos corticícolas em três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Manguezal | Espécies (n°) | Riqueza alcançada (%) | | | |
|------------|---------------|-----------------------|--------|--------|--------|
| | | Chao | Jack1 | Jack2 | Boot |
| Guadalupe* | 18 | 68,970 | 72,170 | 62,285 | 85,453 |
| Cabedelo** | 21 | 51,187 | 65,783 | 52,720 | 82,201 |
| Sibaúma*** | 11 | 72,736 | 68,974 | 61,325 | 82,825 |

* APA de Guadalupe (PE), ** FLONA de Cabedelo (PB), *** Parque Estadual Mata da Pipa (Sibaúma) (RN).

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Dentre 013 gêneros registrados no presente estudo, *Arcyria*, *Clastoderma*, *Cribraria*, *Collaria* e *Physarum* estiveram presentes nos três manguezais, *Echinostelium* foi comum a Cabedelo e Guadalupe e *Diderma* a Cabedelo e Sibaúma. As mixobiotas dos manguezais de

Guadalupe e Cabedelo compartilham mais da metade dos gêneros (CC= 66%), assim como de Cabedelo e Sibaúma (60%); Guadalupe e Sibaúma foram os manguezais menos similares (58%). As diferenças na composição da mixobiota se acentuam quando se considera as espécies nelas presentes. Os manguezais de Guadalupe e Cabedelo mantiveram-se semelhantes (CC= 59%) porém Simbaúma tem baixa semelhança com Guadalupe (CC=40%) e Cabedelo (CC=38%) (Tabela 10). Mesmo sendo parte de um mesmo ecossistema, os manguezais estudados possuem características microambientais e níveis de perturbação diferenciados, influenciando a oferta de microhabitats presentes nas forófitas e presença das espécies.

Tabela 10 – Similaridade na composição das mixobiotas corticícolas registradas em três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| | Cabedelo | Guadalupe | Sibaúma |
|------------------|-----------------|------------------|----------------|
| Cabedelo | 1,00 | **0,66 | **0,60 |
| Guadalupe | *0,59 | 1,00 | **0,58 |
| Sibaúma | *0,38 | *0,40 | 1,00 |

* Coeficiente de comunidade de espécies ** Coeficiente de comunidade de gêneros.

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

O manguezal de Cabedelo destacou-se pelo maior número de espécimes obtidos (93) e de espécies registradas (21). Espécies de *Cribraria* (Cribrariaceae) e *Physarum* (Physaraceae) foram as mais comuns, porém *Oligonema flavidum* (Trichiaceae) foi a mais constante, presente em 30% dos cultivos. Em Guadalupe foram registrados 70 espécimes e 18 espécies e os gêneros *Arcyria* (Trichiaceae) e *Cribraria* foram expressivos em número de espécies. A mixobiota menos rica foi a de Sibaúma, onde se obteve apenas 34 espécimes que se distribuíram em 11 espécies. *Cribraria*, *Diderma* (Didymiaceae) e *Perichaena* (Trichiaceae) foram os gêneros mais comuns e reúnem 64% do total das espécies identificadas nesse manguezal (Tabela 7).

A riqueza de mixomicetos presente nos manguezais de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma está em conformidade com a curva de Gauss e, portanto, atende aos critérios de normalidade ($W = 0,86714$, $P = 1,797$), e homogeneidade (Bartlett's K-squared = 2,6547, $P = 0,2652$). A

análise de variância (ANOVA) demonstrou que há diferença entre as médias de riqueza dos tratamentos (manguezais) e através do teste a posteriori de Tukey ($P = 0,001$) foram compreendidas as relações entre a riqueza das comunidades de mixomicetos nos diferentes manguezais. Desse modo, as mixobiotas de Guadalupe vs Sibaúma ($P = 0,02$) e Cabedelo vs Sibaúma ($P = 0,0009$) são diferentes entre si quanto a riqueza de espécies, enquanto Cabedelo vs Guadalupe não diferem estatisticamente, talvez devido às semelhanças na estrutura interna desse dois manguezais. Além de mais próximos geograficamente, os manguezais de Guadalupe e Cabedelo apresentam composições florísticas e níveis de conservação mais semelhantes (Tabelas 11,12) (Figura 7).

Ao considerar os táxons compartilhados nos três manguezais observa-se que as mixobiotas de Guadalupe e Cabedelo compartilham pouco mais da metade dos gêneros ($CC=66\%$) e das espécies ($CC=59\%$). O mesmo não acontece quando são comparadas as mixobiotas de Sibaúma com as dos outros manguezais, pois embora a composição se assemelhe ao nível de gênero ($CC_{SxG} = 58\%$; $CC_{SxC} = 60\%$), compartilham menos de metade das espécies ($CC_{SxG} = 40\%$; $CC_{SxC} = 38\%$). Guadalupe e Cabedelo também não diferem quando se considera a média de riqueza das comunidades ($P \geq 0,05$). A mixobiota de Sibaúma é menos rica em espécies que a de Guadalupe e Cabedelo, pois os valores encontrados apresentam diferenças com significância estatística ($P \leq 0,05$) (Tabela 10).

A semelhança entre Guadalupe e Cabedelo apresentada pela análise de variância pode estar sendo influenciada pela proximidade geográfica e ofertas microambientais da estrutura arbórea. Quando comparados a Sibaúma, os manguezais de Guadalupe e Cabedelo situam-se mais distantes do oceano, e estão sujeitos a diferentes influências do nível de marés, ventos e salinidade.

Tabela 11 – Análise de variância da riqueza de espécies de mixomicetos corticícolas dos manguezais de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma (Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil).

| | Graus de liberdade | Soma dos Quadrados | Média dos Quadrados | F | Pr(>F) |
|----------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------|------------------|
| Locais | 2 | 24,42 | 12,211 | 7,471 | 0,00101 ** |
| Resíduos | 87 | 142,20 | 1,634 | | |

Signif.: 0 **** 0,001 *** 0,01 ** 0,05 * . 0,1 ' ' 1

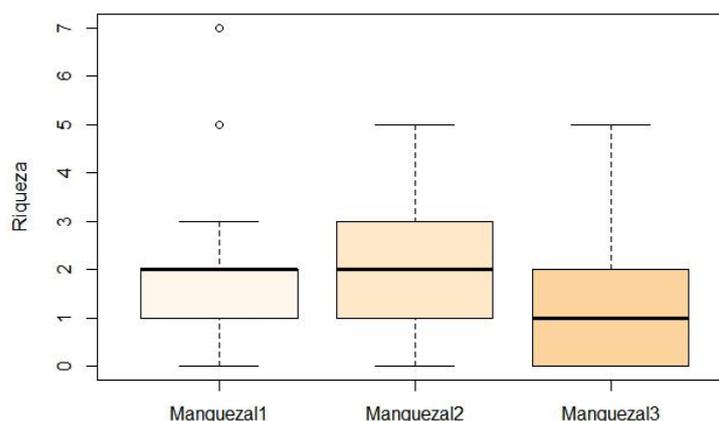
Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Tabela 12 – Teste de Tukey (95% conf.). Múltipla comparação entre médias da riqueza de micomicetos corticícolas coletados nos manguezais de Guadalupe(1), Cabedelo(2) e Sibaúma(3), do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Manguezais | Diferença | Limite inferior | Limite superior | P ajustado |
|--------------|------------|-----------------|-----------------|------------|
| Man2 vs Man1 | 0,3333333 | -0,4537816 | 1,1204483 | 0,5727013 |
| Man3 vs Man1 | -0,9000000 | -1,6871149 | -0,1128851 | 0,0209312 |
| Man3 vs Man2 | -1,2333333 | -2,0204483 | -0,4462184 | 0,0009637 |

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Figura 8 – Análise de variância da riqueza de espécies de micomicetos corticícolas dos manguezais de Guadalupe - PE (1), Cabedelo - PB (2) e Sibaúma - RN (3), do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.1.2.1 Espécies Indicadoras

A análise estatística indicou importantes espécies indicadoras de manguezais no Centro de Endemismo Pernambuco (Tabela 7). A partir do teste de Monte Carlo, 12,5% das espécies de micomicetos foram estatisticamente significativas. *Cribraria confusa* e *Physarum stellatum* destacaram-se por apresentar alta fidelidade aos três manguezais estudados e *Oligonema flavidum* ($IV \geq 25\%$; $p \leq 0,05$) apresentou alta especificidade ao manguezal de Cabedelo. A alta fidelidade de *C. confusa* ($IV= 26,8\%$; $p= 0,0422$) e *P. stellatum* ($IV= 46\%$; $p= 0.0002$) coloca ambas as espécies como boas indicadoras para o ambiente de manguezal. *Echinostelium minutum*, relatada como espécie indicadora por Scarborough et al. (2009) para

ambiente de florestas temperadas dos Estados Unidos, esteve presente nos manguezais de Guadalupe e Cabedelo, porém apresentou IV abaixo de 25%, (Tabela 7). Segundo Scarborough et al. (2009), a alta diversidade, bem como os elevados valores de IV estariam associados, principalmente, ao baixo pH apresentado pelas forófitas *Juniperus virginiana* L. (pH= 6,63–6,68) e *Quercus alba* L. (pH=4,96–5,14) onde *E. minutum* foi encontrada. Essa mesma espécie já foi encontrada em manguezais de Porto Rico (Cavalcanti & Agra 2019), no Brasil (MA) e na presente pesquisa em Guadalupe (PE) sobre *C. erectus* (pH 4,5) e *R. mangle* (5,3) e Cabedelo (PB) desenvolvendo-se em pH 5,4 sobre *C. erectus*.

3.1.3 Influência de fatores ambientais na composição das comunidades de líquens e mixomicetos de manguezal

As características macroambientais dos três manguezais estudados apresentaram importantes diferenças entre si. O manguezal de Cabedelo e Guadalupe se destacaram por apresentar as maiores médias de abertura de dossel ($\bar{x} = 44,4$ / $\bar{x} = 43,28$) entre as áreas estudadas. Foi verificado em Sibaúma a menor média de abertura de dossel ($\bar{x} = 37,6$). Cabedelo e Sibaúma foram similares quanto ao tamanho da copa ($\bar{x} = 6,2$ / $\bar{x} = 5,5$). Guadalupe apresenta mangues com as menores copas estudadas (até 8,52 m / $\bar{x} = 4,3$). Como se observa aqui, o tamanho da copa e abertura de dossel são diretamente proporcionais, ou seja, copas menores favorecem maior entrada de luz. Apesar dessas características estarem muito bem relacionadas, há situações em que mesmo apresentando copas extensas muitas árvores podem apresentar elevada passagem de luz. Isso pode ocorrer devido a situações como pouca folhagem, grau de perturbação da área ou senilidade dos mangues. O contrário também é verdade, pois mesmo apresentando copas pequenas muitas plantas são protegidas por estratos vegetais mais elevados, o que dificulta a passagem de luz.

As forófitas analisadas em Sibaúma foram as mais expressivas quanto ao diâmetro do tronco à altura do peito (DAP) ($\bar{x} = 53,5$ cm). Cabedelo e Guadalupe apresentam médias de DAP muito próximas, o primeiro manguezal com 30,5cm e o segundo com 36,2cm. Além da semelhança no DAP, os dois últimos manguezais também são semelhantes quanto a altura dos espécimes das forófitas analisadas. Em Cabedelo os vegetais apresentaram média de 6,07m já em Guadalupe os mangues foram um pouco maiores, com média de 6,22 m. Sibaúma, apesar

de DAP e copas maiores, se caracterizou por apresentar os menores espécimes de mangue estudados, com altura média de 3,90 m.

Quanto às características do substrato, foi observada predominância de cascas do tipo III, caracterizadas por serem delgadas e fendidas longitudinalmente, desprendendo-se em faixas alongadas. Cascas desse tipo foram unânimes nos três manguezais, ocorrendo em maior quantidade no manguezal de Cabedelo (93,3%). Aproximadamente 70% dos troncos das forófitas de Sibaúma também apresentaram cascas do tipo III. Em ambos os manguezais, foram constatados cerca de 20% de cascas do tipo IV (com placas quadradas, arredondadas, retangulares e / ou alongadas), sendo 13,3% em Sibaúma. Além de cascas do tipo III, nos troncos das forófitas de Guadalupe também foram comuns cascas do tipo I (casca lisa com pouco desprendimento) e II (casca levemente áspera). Apesar das cascas delgadas e fendidas longitudinalmente (III – 40%) terem sido dominantes em Guadalupe, aquelas com poucos desprendimentos (I – 36,6%) presentes principalmente em *Rhizophora mangle* L., também foram expressivas. Pouco mais de 20% dos substratos analisados foram de cascas levemente ásperas (tipo II). Nesses mesmos tipos de cascas constataram-se os maiores graus de salinidade ($\bar{x} = 1,014\text{ppm}$). Talvez isso tenha ocorrido devido à grande quantidade de *Rhizophora mangle* que se posiciona mais distante da borda e, portanto, está mais sujeita à variações de nível das marés. Os substratos coletados em Cabedelo ($\bar{x} = 1,001\text{ppm}$) e Sibaúma ($\bar{x} = 1,003\text{ppm}$) apresentaram salinidades mais próximas.

A retenção de água também acompanhou os níveis de salinidade das cascas. Sendo assim, a casca do tronco das forófitas no manguezal de Guadalupe apresentaram a maior média de retenção (48,08%), seguida por Cabedelo (45,03%) e Sibaúma (39,08%). Entretanto a acidez média das cascas se apresentou mais acentuada no manguezal de Cabedelo (pH:5,3) seguida por Guadalupe (pH: 5,5) e Sibaúma (pH: 5,8).

3.1.3.1 Líquens de manguezal

Os eixos 1 (0,300) e 2 (0,211) apresentaram os maiores autovalores da análise de CCA e, portanto, explicam de forma mais abrangente os principais fatores de influência na distribuição de líquens em ambientes de manguezal do CEPE. A correlação de Pearson entre espécies e variáveis (abertura de dossel, Dbh, tamanho da copa) foi forte [$r = 0,759$ (eixo1) e $0,731$ (eixo 2)].

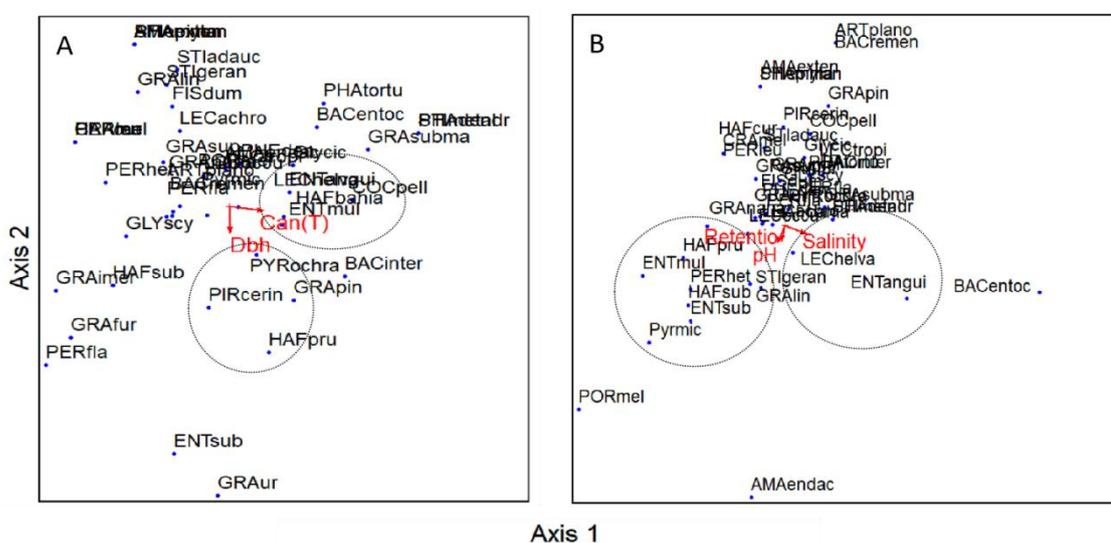
Dentre as variáveis estudadas na análise canônica o tamanho da copa (0,953) seguido por DAP apresentaram correlação positiva com o primeiro eixo. Entretanto, dentre as três variáveis, DAP (0,016) apresentou o menor score. As copas das forófitas variaram entre 1,6–9 m. No eixo 1 (maior autovalor), as espécies, nesta ordem, *S. metaleptoides* (STImet), *P. dendritica* (PHAden) e *G. submarginata* (GRAsub), foram as mais influenciadas. Os dois primeiros táxons estiveram presentes em árvores com copa média de 8,14 m e diâmetro de tronco de 24,5 cm. A última espécie ocorreu em forófitas com copas menores, entre 3–5 m e troncos com diâmetros levemente maiores, entre 23–30 cm, nos manguezais de Guadalupe e Sibaúma. No eixo 2, apenas a abertura de dossel foi positiva. Essa variável apresentou score muito baixo (0,055) e por essa razão não está representada no gráfico da Figura 8. Todavia *S. epimarta*, *P. mylanderi*, *A. extenuata* e *S. adauctum* foram as espécies mais influenciadas, ocorrendo em áreas entre 38–42% de abertura de dossel. Algumas espécies como *S. gerantoides*, parecem não sofrer tanta influência dessa variável, pois ocorreram em forófitas com extensa variação de abertura de dossel (27–53%).

Na análise das variáveis relacionadas com o substrato (salinidade, retenção de água e acidez) foi constatada forte correlação de Pearson [$r = 0,721$ (eixo 1); $r = 0,755$ (eixo 2)]. Os autovalores foram maiores nos dois primeiros eixos (Eixo 1 = 0,216; eixo 2 = 0,170) e apresentaram explicação moderada dos dados. No primeiro eixo, apenas salinidade esteve positivamente correlacionada com as espécies de líquens (0,911). Destacaram-se, dentre elas, *B. entochlora* e *E. anguinella* com os maiores scores de correlação com a salinidade. Tanto no primeiro eixo quanto no segundo o pH e a capacidade de retenção de água apresentaram comportamentos semelhantes para líquens do manguezal. Algumas espécies apresentaram correlação negativa com essas variáveis, como *A. endachroa* (AMAend), *P. melanops* (PORmel) e *P. microcarpa* (PYRmic), que alcançaram os maiores índices negativos relacionados à acidez e retenção de água. Considerando que a acidez mensurada nas cascas das forófitas variou entre 4–6,5, *A. endachroa* esteve presente em casca de árvores com uma ampla variação de acidez (4,9–6,4), assim como *P. microcarpa* (4,8–5,9); enquanto *P. melanops* foi encontrada apenas em cascas levemente ácidas (pH 5,9).

As três espécies mencionadas ocorrem sobre cascas com grande variação na capacidade de absorção de água, como por exemplo *A. endachroa*, presente sobre fragmentos com níveis altos de absorção de água (46,90–69,96%), levando em consideração que a absorção pelas cascas das forófitas analisadas variou entre 26,21–69,96%.

A análise dos dados referentes à acidez do córtex e sua capacidade de retenção de água evidencia que a composição da liquenobiota presente nos três manguezais estudados não está diretamente associada a essas duas variáveis. Conclusão semelhante foi apresentada por Cáceres et al. (2007) ao investigarem a especificidade por forófitas e parâmetros ambientais de líquens corticícolas crostosos de Floresta Atlântica do Nordeste do Brasil.

Figura 9 – CCA da distribuição da comunidade de líquens corticícolas crostosos nos três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco em função das variáveis: A - presentes nas forófitas, B - mensuradas nos cultivos em câmara-úmida.



Legenda: Dbh - diâmetro na altura do peito; Can (T) - diâmetro da copa; pH – acidez da casca do tronco; retention - retenção de água pelas cascas; salinity - salinidade em ppm.

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.1.3.2 Mixomicetos de manguezal

A CCA basea-se em Análise de Correspondência e ordena matrizes de espécies com variáveis de uma matriz ambiental (McCune & Mefford, 1999; McCune & Grace, 2002). Os autovalores (AV), variam de 0 a 1, e informam o quanto o gradiente de distribuição das espécies pode ser explicado na ordenação dos eixos. Na análise de correlação entre as espécies de mixomicetos e a luminosidade (abertura de dossel), altura da forófitas, tamanho da sua copa e diâmetro do tronco, os AV obtidos para os dois primeiros eixos foram 0,21 e 0,15,

respectivamente. De acordo com os dados, as espécies presentes nos três manguezais apresentaram correlação moderada com as variáveis das forófitas [$r=0,770$ (eixo 1) e $r=0,625$ (eixo 2)] (Figura 9). No primeiro eixo, Dbh (0,664) e tamanho da copa (0,382) apresentaram maior relação com *C. arcyronema* e *C. confusa*. Levando em consideração que o tamanho da copa nos manguezais variou entre 1,6–9,0 m, *C. arcyronema* ocorreu com mais frequência em copas com tamanhos menores, entre 2,06–3,86 m de circunferência e diâmetro de troncos entre 20–30 cm. *Cribraria confusa* ocorreu predominantemente em forófitas com copas um pouco maiores, principalmente entre 4,5–6,0 m e troncos entre 30–40 cm de diâmetro (Figura 9).

No eixo 2, a abertura do dossel apresentou relação positiva com, dentre outras, *A. cinerea*, *O. flavidum* e *C. violacea*. Nos três manguezais, o dossel apresentou abertura mínima de 18% e máxima de 57%. Devido a maior quantidade de espécimes, *O. flavidum* foi encontrada em uma maior variação de abertura de dossel. Embora isso tenha ocorrido, *O. flavidum* e *A. cinerea* foram mais frequentes em áreas de abertura mediana, entre 30–40%. Com menor quantidade de amostras, *C. violacea* foi mais frequente em áreas mais abertas (30–50%) (Figura 9).

Ao analisar os nichos e microhabitats das espécies de *Ceratiomyxa* em florestas úmidas neotropicais Rojas et al. (2008) constataram que *C. fruticulosa* esteve presente em áreas com maior abertura de dossel. Esse mesmo táxon também esteve presente no CEPE em áreas abertas, compreendida entre 43–57% com média de abertura (49,59%) um pouco maior que a média encontrada por Rojas et al. (2008) (48,0%) em 14 áreas de florestas úmidas nos Neotrópicos.

Para variáveis como pH, retenção de água pela casca e salinidade, os AV canônicos foram 0,20 e 0,08 nos dois primeiros eixos e explicam 7,3% da variação das espécies (Figura 9). A correlação de Pearson foi moderada entre variáveis e espécies nos eixos [$r=0,659$ (eixo 1) e $0,573$ (eixo 2)]. No primeiro eixo apenas a retenção de água apresentou correlação positiva com as espécies de mixomicetos (0,883). No eixo 2, pH (0,988), retenção de água (0,083) e salinidade (0,048) foram positivas.

As cascas dos troncos das forófitas estudadas apresentaram capacidade de absorção de água entre 26–69%. Dentre as três variáveis, a retenção de água pelas cascas foi a que mais influenciou na distribuição dos mixomicetos (Figura 9). No conjunto das espécies mais influenciadas (valores de correlação mais altos) destacam-se representantes de cinco ordens: *S.*

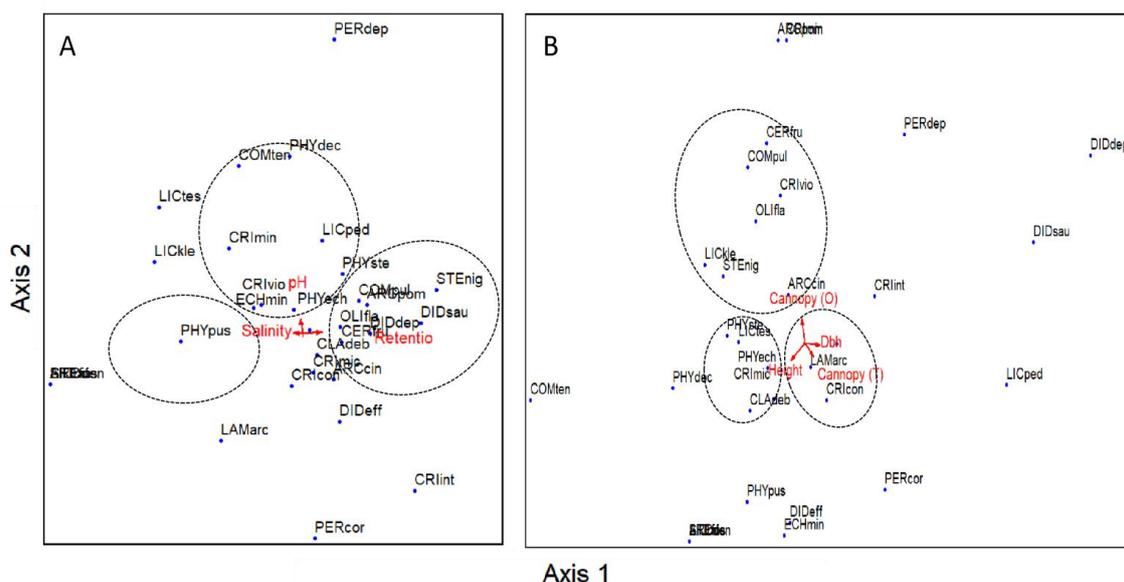
nigrescens e *C. pulchaella* (Stemonitales), presentes em cascas com retenção entre 50–56% e 49–50%, respectivamente; *D. saundersii* (Physarales), em cascas com 52% de retenção de água; *C. intricata* (Liceales), em cascas moderadamente úmidas (49–53%); *C. fruticulosa* (Ceratiomyxales), em cascas com retenção entre 42–52%; *A. pomiformis* e *O. flavidum* (Trichiales), em cascas com cerca de 50% de retenção de água. Os 28 espécimes de *O. flavidum* obtidos no presente estudo foram encontrados sobre cascas com pouca variação de absorção de água (46–50%). Rojas et al. (2008) constataram a ocorrência de *Ceratiomyxa fruticulosa*, *C. morchaella* e *C. sphaerosperma* em substratos com alta umidade (68–78%). Comparada às outras espécies do gênero, *C. fruticulosa* foi encontrada em substratos com a menor média de umidade (68%). Nos três manguezais do CEPE, *C. fruticulosa* se desenvolveu sobre cascas com variação de retenção de água um pouco menor que a encontrada por Rojas et al. (2008). Embora no Centro de Endemismo Pernambuco os espécimes tenham esporulado sobre cascas com retenção acima de 50%, a média de absorção dos registros dessas cascas foi de 46,6%.

O pH das cascas dos forófitas variou entre 4–6,8. *Perichaena depressa* (Correl =5,78) foi a espécie com maior correlação com o pH no eixo 2. e a acidez das cascas onde esteve presente variou entre 5,9–6,4. *Physarum decipiens* também mostrou sofrer influência da acidez e esteve presente em fragmentos de casca com pH entre 5,5–6,0, levemente mais ácido que *P. depressa*. *Physarum stellatum*, uma das espécies com maior quantidade de espécimes (17) variou pouco quanto à acidez do substrato, esporulando sobre cascas com acidez entre 4,5–6,0. O táxon *P. decipiens* também apresenta registros em outras partes do mundo em faixa de pH semelhante (4,4–6,9), tal como observado na Austrália sobre diversas espécies arbóreas (*Acacia* Mill., *Eucalyptus* L'Hér, *Casuarina* L., *Callitris* Vent., *Grevillea* R.Br. ex Knight e *Myoporum* Banks & Sol. ex G.Forst.) (Wellman 2019) e *P. depressa* tem sido encontrada em pH ácido sobre *Vitis aestivalis* Michx. (pH: 4,5) e *Vitis vulpina* L. (pH: 5,5) em floresta temperada nos Estados Unidos (Everhart et al. 2008).

O eixo 3 foi o menos informativo dentre os informados pela CCA. Nele, a salinidade obteve o maior coeficiente (0,228). *Cribraria violacea* foi a espécie com maior correlação com a salinidade. Ambos, salinidade e acidez são as variáveis que apresentam maior correlação entre si (0,198). Os maiores scores de correlação de *L. testudinacea* foram com as variáveis pH e principalmente salinidade. Essa espécie esporulou sobre cascas de *R. mangle*, uma das espécies mais comuns nos manguezais, encontrada em áreas de salinidade média,

pode atingir 19 m de altura, apresenta tronco com diâmetro médio de 30 cm e é sustentada por raízes escoras (Maia et al. 2005).

Figura 10 – CCA da distribuição da comunidade de mixomicetos corticícolas de três manguezais do Centro de Endemismo Pernambuco em função das variáveis: **A** - mensuradas nos cultivos de câmara-úmida, **B** - presentes nas forófitas.



Legenda: Dbh - diâmetro na altura do peito; Can (T) - diâmetro da copa; pH - acidez; Retention - retenção de água pelas cascas; Salinity (salinidade em ppm).

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.2 LIQUENS E MIXOMICETOS DE RESTINGA DO CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO

3.2.1 Líquens

Nas três áreas de restinga estudadas do CEPE, foram obtidos 175 espécimes e identificadas 57 espécies de líquens corticícolas crostosos. Esse número supera a quantidade de táxons (51) relatados para os manguezais vizinhos às restingas, estudados na presente pesquisa, onde foram obtidos 389 espécimes.

Algumas diferenças foram encontradas entre as restingas estudadas. Em Sibaúma, onde foram coletados 36,72% do total de espécimes, há uma variação maior no estrato arbóreo, com árvores que variam entre 5–18 m de altura e troncos mais grossos (20–25 até 50 cm.

diam.). A restinga de Sibaúma apresenta a maior elevação em relação ao nível do mar, além de ser a mais conservada quando comparada às outras áreas de restinga estudadas. Apresenta, ainda, árvores mais próximas entre si, com copas maiores e mais frondosas (IDEMA 2014, Lima 2018, Forzza et al. 2020). A restinga da FLONA de Cabedelo é a menor (ca. de 45% da área total) dentre as estudadas do CEPE e apresenta árvores mais espaçadas e um pouco menores (5–15m)20m) e com mais espaços entre suas copas; nela foram obtidos apenas 13 espécimes, o que equivale a 7,34% do conjunto total de espécimes coletados em restinga na presente pesquisa. Cabedelo é a menos conservada dentre as restingas estudadas e a mesma atravessa um período de reestruturação biológica e de reeducação das comunidades ao seu entorno, e ainda apresenta altos níveis de poluição (ICMBio 2016). Na restinga da REBIO de Guadalupe foram assinalados 56% dos indivíduos liquênicos coletados sobre vegetação arbustiva aberta (fruticeto), cujos arbustos variam entre 6–10m e são caracterizadas por formarem agrupamentos (moitas) intercalados por áreas abertas compostas por vegetação herbácea abundante (Cantarelli et al., 2012). Segundo a CPRH (2011), mesmo sofrendo com queimadas, a área onde a REBIO está localizada apresenta elevada riqueza e diversidade biológica.

As classes de líquens corticícolos crostosos representadas nesse ecossistema foram Lecanoromycetes, onde se inclui a maioria das espécies (41–72%). Com menor representatividade também foram registrados representantes dos Eurotiomycetes (9–16%), Arthoniomycetes (6–10,5%) e Dothideomycetes (1–2%). Dentre as ordens presentes nas três restingas predominaram espécies de Ostropales (49,1%) e as demais pertencem a Caliciales (14%), Lecanorales (14%), Arthoniales (10,5%), Pyrenulales (7%), Candelariales (3,5%) e Pleosporales (1,7%) (Tabela 13).

Em Guadalupe, foram identificados 19 gêneros e 28 espécies, pertencentes à sete famílias (Arthoniaceae, Caliciaceae, Graphidaceae, Mycoporaceae, Pyrenulaceae, Parmeliaceae e Ramboldiaceae); dentre elas, Graphidaceae (46,42%) e Caliciaceae (25%) foram as mais comuns, enquanto Mycoporaceae e Ramboldiaceae, ambas com 3,57% cada, foram as menos presentes. Os gêneros com maior número de espécies foram *Graphis* (4 spp.) e *Amandinea* (3 spp), sendo os demais foram representados por uma ou duas espécies, e de cada uma foram obtidos 2–5 espécimes (Tabela 13).

Na restinga de Sibaúma, embora tenham sido obtidos menos espécimes (65), foi registrado um maior número (32) de espécies de líquens, superando o observado em

Guadalupe. Esses táxons estão distribuídos entre 10 famílias, dentre as quais Graphidaceae é a que apresenta a maior quantidade de representantes (59,3%); Caliceaceae, Lecanoraceae, Parmeliaceae e Pyrenulaceae apresentaram apenas dois táxons cada (6,2%), Arthoniaceae, Opegraphaceae, Ramalinaceae, Roccellaceae e Roccellographaceae foram representadas por uma espécie cada (3,1%). Dentre os 14 gêneros presentes na restinga de Sibaúma, *Graphis* com 40,6% contém o maior número de espécies enquanto os restantes apresentam até três espécies. Apenas *Glyphis* obteve 9,3% dos registros, os demais contam com apenas um ou dois registros cada.

Dentre as três restingas estudadas do CEPE, Cabedelo apresentou a menor riqueza e abundância de líquens. Foram registradas as classes Arthoniomycetes (66,66%) e Lecanoromycetes (33,33%) e as ordens Ostropales e Arthoniales. Nesse ecossistema, foram destaque as famílias Graphidaceae, Opegraphaceae e Porinaceae e apenas três espécies, pertencentes aos gêneros *Graphis*, *Opegrapha* e *Porina*, foram identificadas. A baixa riqueza talvez tenha decorrido das condições estruturais encontradas nas cascas das árvores, pois a maioria se apresentou muito seca, fina e quebradiça, às vezes, almofadada e estruturalmente não favorável ao crescimento de líquens.

A maioria das espécies de líquens cortícolas crostosos (86%) foi registrada em apenas uma das áreas de restinga estudada. Nenhuma das 57 espécies ocorreu em todas as áreas e apenas 12% (*Arthonia* aff. *complanata*, *Fissurina dumastii*, *Gassicurtia coccifera*, *Glyphis cicatricosa*, *Graphis* sp., *Graphis nana* e *G. pinicola*) estavam presentes em duas das restingas (Tabela 13). Do total de espécies presentes em Guadalupe e Sibaúma, por exemplo, mais de 70% foram registradas exclusivamente nessas restingas. Embora em menor proporção, o mesmo se observou nos gêneros e espécies de *Opegrapha* e *Porina*, vistos exclusivamente em Cabedelo (Tabela 13).

A liquenobiota de restinga da presente pesquisa apresentou elevada diversidade taxonômica ($S/G_{\text{global}} = 2,03$). Dentre as três áreas estudadas, Cabedelo foi a mais diversa ($S/G = 1,0$), seguida por Guadalupe ($S/G = 1,55$) e Sibaúma ($S/G = 2,28$). O índice de diversidade de Shannon também variou, mas Guadalupe ($H' = 2,995$) e Sibaúma ($H' = 2,988$) apresentaram índices muito próximos e Cabedelo foi o menos diverso ($H' = 1,213$). Quanto ao índice de Simpson, que considera a probabilidade de dois indivíduos pertencerem a um mesmo táxon, Cabedelo foi o mais diverso ($D = 0,656$), seguido por Sibaúma ($D = 0,930$) e Guadalupe ($D = 0,943$). Na comunidade de Cabedelo houve alta equitabilidade entre espécies,

entretanto, Guadalupe e Sibaúma apresentaram comportamentos semelhantes quanto a riqueza e baixa equitabilidade (Tabela 13).

A diversidade taxonômica global apresentada nas três áreas do CEPE foi superior a encontrada nos trabalhos de Dal-Forno (2009) ($S/G_{\text{global}}= 4,75$) e Feuerstein (2014) ($S/G_{\text{global}}= 4,5$) para restingas do Sudeste do país; o mesmo foi observado quando comparados aos trabalhos de Martins (2006) e Martins-Mazzitelli & Marcelli (2011) ($S/G_{\text{global}}= 3,2$) para a região Sul do Brasil.

As espécies de líquens identificadas nesse trabalho ampliam de forma significativa o número de táxons relatados para o ecossistema de restinga no Brasil. Boa parte dos registros se concentravam nas regiões Sul e Sudeste do país, como os efetuados no Paraná por Dal-Forno (2009), que reportou 12 gêneros e 57 espécies de Graphidaceae em Pontal do Sul, e Feuerstein (2014), que registrou oito gêneros e 36 espécies (27 em restinga arbórea e 19 em arbustiva) na Ilha do Mel, Paranaguá, onde *Graphis* também obteve o maior número de registros (24 spp). No Parque de Itapuã (Viamão, RS), explorando gravetos, ramos e tronco de uma espécie de forófito (*Dodonaea viscosa* L.), Martins (2006) e Martins-Mazzitelli & Marcelli (2011) obtiveram 10.887 espécimes e identificaram 126 espécies de líquens, a maioria em gravetos. No Sudeste, no estado de São Paulo, merecem destaque os trabalhos de Marcelli (1997) e Benatii & Marcelli (2007), desenvolvidos em ambientes de restinga e manguezal. A região Nordeste do país é bem explorada, porém para vegetação de restinga conta apenas com registros esporádicos no estado de Sergipe (Cáceres 2007, Cáceres et al. 2008, 2017).

Tabela 13 – Espécies e valores de indicação de líquens cortícolas crostosos presentes em três áreas de restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Táxon | RG | RC | RP | IV | Média±desvio padrão | p |
|---|----|----|----|------|---------------------|--------|
| <i>Arthonia</i> aff. <i>complanata</i> Fée.* | X | | X | 4,0 | 5,0±2,43 | 0,7712 |
| <i>A. leptosperma</i> (Müll. Arg.) R. Sant.* | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Amandinea endachroa</i> (Malme) Marbach.* | X | | | 13,3 | 5,0±2,49 | 0,0354 |
| <i>A. catasema</i> (Tuck.) Marbach.* | X | | | 20,0 | 6,3±2,89 | 0,0028 |
| <i>A. diorista</i> (Nyl.) Marbach. | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Buellia</i> De Not. | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Bactrospora</i> aff. <i>intermedia</i> Egea & Torrente.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Bacidia</i> aff. <i>russeola</i> (Kremp.) Zahlbr.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Cratiria</i> aff. <i>dissimilis</i> (Nyl.) Marbach.* | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Carbocanthographis stictica</i> Staiger & Kalb* | X | | | 10,0 | 4,3±2,34 | 0,1002 |
| <i>Chapsa alborosella</i> (Nyl.) Frisch.* | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Enterographa anguinella</i> (Nyl.) Redinger.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Phaeographis tortuosa</i> (Ach.) Müll. Arg.* | | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Fissurina</i> Fée. | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Fissurina dumastii</i> Fée. | X | | X | 33 | 4,3±2,31 | 0,7580 |
| <i>Graphis</i> Adans. | | X | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Graphis nana</i> (Fée) Spreng.* | X | | X | 5,0 | 4,4±2,32 | 0,5583 |
| <i>G. duplicata</i> Ach.* | X | | | 10,0 | 4,4±2,32 | 0,1024 |
| <i>G. pinicola</i> Zahlbr.* | X | | X | 6,7 | 3,7±2,08 | 0,3247 |
| <i>G. kakaduensis</i> A. W. Archer.* | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>G. urandrae</i> Vain.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>G. conferta</i> Zenker.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>G. aff. stipitata</i> A.W. Archer.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>G. furcata</i> Fée. | | | X | 10,0 | 4,5±2,32 | 0,1082 |
| <i>G. nematoides</i> Leight.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>G. submarginata</i> Lücking.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>G. supracola</i> A.W. Archer.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |

| | | | | | |
|--|---|---|------|----------|--------|
| <i>G. immersella</i> Müll. Arg.* | | X | 10,0 | 4,4±2,30 | 0,0926 |
| <i>G. striatula</i> (Ach.) Spreng. | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>G. scripta</i> (L.) Ach.* | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Gassicurtia coccifera</i> Marbach & Kalb.* | X | X | 24,9 | 7,8±3,13 | 0,0010 |
| <i>G. coccinea</i> Fée. | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>G. aff. cocinea</i> Fée.* | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Glyphis cicatricosa</i> Ach. | X | X | 4,4 | 5,0±2,51 | 0,6197 |
| <i>G. scyphulifera</i> (Ach.) Staiger.* | | X | 6,7 | 3,3±2,36 | 0,3365 |
| <i>G. substriatula</i> (Nyl.) Staiger.* | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Hafellia curatellae</i> (Malme) Marbach. | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Leucodecton occultum</i> (Eschw.) Frisch. * | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Lecanora helva</i> Stizenb.* | | X | 16,7 | 5,5±2,75 | 0,0130 |
| <i>Mycoporum sparsellum</i> Nyl.* | X | | 13,3 | 5,1±2,58 | 0,0340 |
| <i>Opegrapha</i> Ach.* | X | | 6,7 | 3,9±1,96 | 0,3303 |
| <i>Porina</i> Müll. Arg.* | X | | 6,7 | 3,3±2,35 | 0,3311 |
| <i>Pyrenula microcarpa</i> Müll. Arg.* | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>P. cruenta</i> (Mont.) Vain.* | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Platygramme discurrens</i> (Nyl.) Staiger.* | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Protoparmelia isidiata</i> Diederich, Aptroot & Sérusiaux.* | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Pyrrospora haematites</i> (Fée) Kalb.* | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Pyrenula ochraceoflava</i> (Nyl.) R.C. H.* | | X | 23,3 | 6,6±2,79 | 0,0006 |
| <i>P. aff. cerina</i> Eschw. * | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Protoparmelia capitata</i> Lendemer.* | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>P. isidiata</i> Diederich.* | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>P. multifera</i> (Nyl.) Kantvilas, Papong & Lumbsch.* | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Phaeographis aff tortuosa</i> (Ach.) Müll.* | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Ramboldia haematites</i> (Fée) Kalb, Lumbsch & Elix.* | X | | 6,7 | 3,6±2,07 | 0,3199 |
| <i>Stigmatochroma adauca</i> (Malme) Marbach. * | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Sclerophyton elegans</i> Eschw. * | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Schizotrema aff. cryptotrema</i> (Nyl.) Rivas Plata & | X | | 13,3 | 5,0±2,41 | 0,0312 |

Mangold.*

| | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| Total de espécimes | 99 | 13 | 65 |
| Diversidade taxonômica (S/G) | 1,55 | 1 | 2,28 |
| Diversidade de Shannon | 2,995 | 1,213 | 2,988 |
| Diversidade de Simpson | 0,943 | 0,656 | 0,930 |

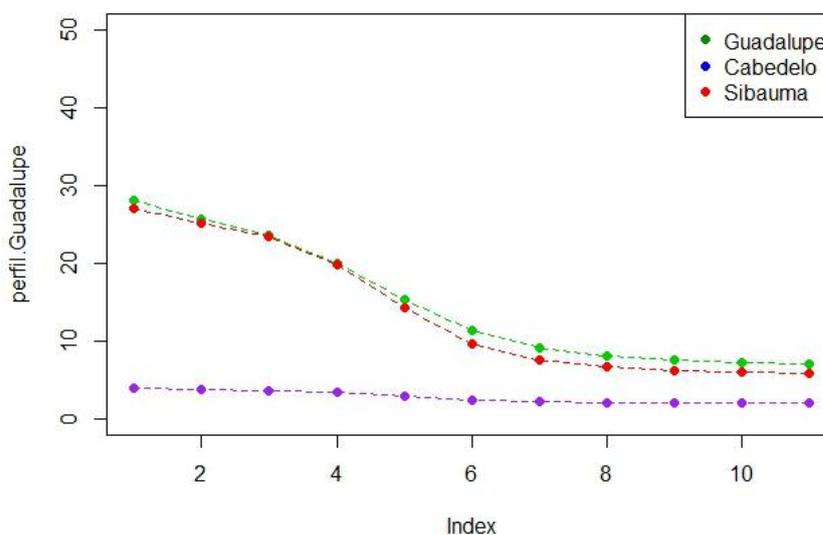
RG= Restinga da Área de Proteção Ambiental Guadalupe; RC= Restinga da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo; RP= Restinga do Parque Estadual Mata da Pipa. IV= valor de indicação (Espécie indicadora). valores em negrito correspondem as espécies indicadoras ($\geq 25\%$; $p \leq 0,05$). Novos registros para o ecossistema Restinga (*).

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Até o momento, foram registradas cerca de 220 espécies de líquens corticícolas para ambientes de restinga no Brasil. Dessas, em torno de 25% pertencem ao gênero *Graphis*, porém também se destacam os gêneros *Parmotrema* e *Ramalina* (Martins-Mazzitelli & Marcelli 2011). A atualização mais recente em ambiente de restinga foi realizada por Andrade et al. (2020) com adição de 18 táxons (Nordeste do Brasil) e uma nova espécie de Caliciaceae (*Gassicurtia restingiana* D.S.Andrade, M.Cáceres & Aptroot). Junto aos últimos registros publicados, o ambiente conta com ca. 240 espécies no Brasil (Cáceres *et al.*, 2017, Dal-Forno, 2009, Martins, 2006, Martins-Mazzitelli, 2011, Feuerstein, 2014, Andrade et al. 2020). Os 47 novos táxons obtidos na presente pesquisa, elevam para 287 o número de espécies com ocorrência conhecidas em restingas no Brasil, para 90 no Nordeste e para 55 o número de registros feitos em restingas dentro dos domínios do CEPE. Dentre as espécies coletadas nos três ambientes de restinga do CEPE, quase um terço (26%) pertence ao gênero *Graphis* e apenas *G. furcata* e *G. striatula* eram conhecidas para esse tipo de ecossistema no Brasil. Considerando os demais gêneros registrados no CEPE, apenas *Fissurina* Fée (*F. dumastii*) e *Glyphis* Ach. (*G. cicatricosa*) tinham sido informadas como ocorrentes em restingas. Esta pesquisa acrescentou 53 novos registros, aumentando para 290 o número de espécies de líquens corticícolas crostosos com ocorrência conhecida para todo o Brasil. As 57 espécies registradas na presente pesquisa ainda não tinham ocorrência conhecida para o CEPE. Por se tratar de um ecossistema pouco explorado, dados como estes reforçam a importância da Restinga e de que medidas de conservação precisam ser ainda mais fomentadas, principalmente por se tratar de um ecossistema de alta biodiversidade.

As espécies de líquens identificadas na restinga de Cabedelo apresentam alta equitabilidade e diversidade inferior à das outras duas áreas de restingas. Em Guadalupe e Sibaúma a diversidade de líquens (H' e D) e equitabilidade são semelhantes. Nota-se ainda, menor equitabilidade e maior número de espécies dominantes (Figura 10).

Figura 11 – Perfis* de diversidade de líquens corticícolos crostosos das restingas estudadas do Centro de Endemismo Pernambuco.



* (Renyi & Hill 1973)

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Os dados registrados nas restingas de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma correspondem ao comportamento esperado pela curva normal ($W = 0,61506$, $p = 5,206$). Os dados também são homogêneos (Bartlett's K-squared = 64,047, $df = 2$, $p = 1,237$). Segundo a Análise de Variância a riqueza difere dentro e entre os tratamentos (restingas) (Figura 11; Tabela 14). O teste a posteriori de Tukey ($p = 0,01$) confirmou a diferença na riqueza de líquens entre as comunidades de Guadalupe vs Cabedelo ($p = 0,0019407$) e Cabedelo vs Sibaúma ($p = 0,0130565$), mas não foi encontrada entre as comunidades de Guadalupe vs Sibaúma (0,8056132) (Tabela 15). Esse dado pode ser explicado pelas características fitofisionômicas e de conservação presentes nas restingas de Pernambuco e do Rio Grande do Norte. Os ambientes vegetacionais de Guadalupe e Sibaúma apresentam nível de conservação muito próximos, evidenciados pela abundância e diversidade de indivíduos vegetais, forófitas mais frondosas e de tronco de maior diâmetro. A restinga de Cabedelo apresenta estado de

conservação muito abaixo do encontrado em Guadalupe e Sibaúma de se encontrar a 7 km do mar. As diferenças nas características microambientais, direção de ventos, salinidade, incidência solar e de luminosidade, refletem na riqueza e diversidade das espécies das comunidades de líquens corticícolas crostosos das três áreas de restinga.

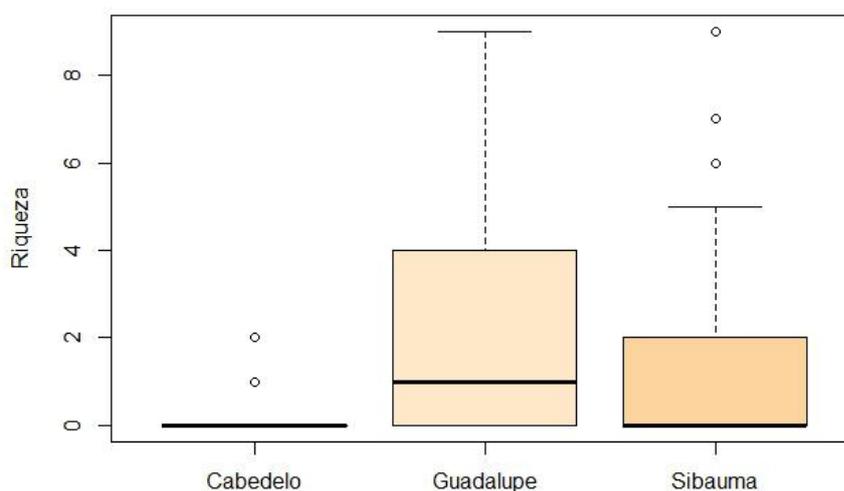
Tabela 14 – Análise de variância da riqueza de líquens corticícolas crostosos presentes nas restingas de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma, que integram o Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Média dos quadrados | F | Pr(>F) |
|----------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|-----------|
| Locais | 2 | 4,643 | 2,3214 | 7,073 | 0,00142** |
| Resíduos | 87 | 28,553 | 0,3282 | | |

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Figura 12 – Análise de variância da riqueza de líquens corticícolas crostosos das restingas de Cabedelo - PB, Guadalupe - PE e Sibaúma - RN (Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil)



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Tabela 15 – Teste de Tukey (95% conf.). Múltipla comparação entre médias da riqueza de espécies de líquens corticícolos crostosos ocorrentes nas restingas de Guadalupe(1), Cabedelo(2) e Sibaúma(3), do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Restingas | Diferença | Limite inferior | Limite Superior | P ajustado |
|------------------|------------------|------------------------|------------------------|-------------------|
| RES 1 - RES 2 | 0,5214483 | 0,16874202 | 0,8741545 | 0,0019407 |
| RES 3 - RES 2 | 0,4286765 | 0,07597022 | 0,7813827 | 0,0130565 |
| RES 3 - RES 1 | -0,0927718 | -0,44547805 | 0,2599344 | 0,8056132 |

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

No cálculo do coeficiente de comunidade (CC), valores abaixo de 50% indicam diferença entre pares. O percentual encontrado quando se comparam espécies presentes em Guadalupe e Sibaúma (CC= 26%) indica diferenças na composição da comunidade (Tabela 18). O teste de Tukey, (95% de confiança) indica que, apesar de haver diferenças na composição das liquenobiotas, as diferenças nas riquezas não são estatisticamente significantes ($p=0,8056132$). Diferenças significantes ($p\leq 0,05$) foram encontradas entre Guadalupe vs Cabedelo e Cabedelo vs Sibaúma.

Os estimadores Chao ($62,920\pm 25,034$) e Jackknife 2 ($56,695\pm 6,553$) apresentaram as maiores estimativas de espécies. Entretanto, ambos demonstraram elevados erros padrão. Jackknife 1 apontou em torno de 40 espécies ($44,433\pm 6,553$) e Bootstrap ($34,780\pm 3,694$) indicou valores muito próximos aos coletados e identificados na restinga de Guadalupe; além disso, esse mesmo estimador (Bootstrap) apresentou o menor desvio padrão dentre os gerados por outros estimadores. Para a restinga de Cabedelo, Jackknife 1 e 2 apresentaram estimativas muito próximas ($5,933\pm 1,367$) e ($5,997\pm 1,367$), respectivamente. Chao ($4,966\pm 1,817$) e Bootstrap ($4,975\pm 0,900$) também apontaram quantidade de espécies muito semelhantes. O último estimador parece representar melhor a comunidade de Cabedelo, desde que apresenta SE (Erro padrão) muito menor do que os outros estimadores de riqueza. Em Sibaúma, Chao ($50,280\pm 15,528$) e Jackknife 2 ($53,893\pm 6,553$) estimaram cerca de 50 espécies, Jackknife 1 apontou quantidade intermediária ($43,433\pm 6,553$). Bootstrap ($33,994\pm 3,733$) foi o estimador que mais se aproximou da quantidade de líquens coletados na restinga de Sibaúma (Tabela 16).

Dentre todos os estimadores utilizados, Bootstrap estima a riqueza total utilizando dados de todas as espécies, não se restringindo às raras (Sonego et al., 2007). Com isso, foi o

estimador que melhor representou a riqueza de líquens nas restingas estudadas (Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma), tanto em números absolutos quanto nas variações apresentadas pelos erros padrão.

A riqueza alcançada nas três restingas representou mais de 40% da quantidade de espécies prevista pelos estimadores de riqueza. Na restinga de Guadalupe (28) foram alcançados entre 44 e 80% do estimado. Em Cabedelo foram coletados entre 50 e 60% da estimativa de espécies. A restinga de Sibaúma foi a mais rica (32 spp), alcançando entre 63 e 94% do quantitativo de táxons estimados. Essa mesma restinga, foi a que obteve números de espécies mais próximos do previsto pelos estimadores (Tabela 17).

Tabela 16 – Estimadores de riqueza de espécies de líquens corticícolas crostosos presentes em três restingas do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Ambiente | Espécies | Chao | SE | Jack1 | SE | Jack2 | Boot | SE |
|-------------|----------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
| Restinga* | 28 | 62,920 | 25,034 | 44,433 | 6,553 | 56,695 | 34,780 | 3,694 |
| Restinga** | 3 | 4,966 | 1,817 | 5,933 | 1,367 | 5,997 | 4,975 | 0,900 |
| Restinga*** | 32 | 50,280 | 15,528 | 43,433 | 6,553 | 53,893 | 33,994 | 3,733 |

* APA de Guadalupe (PE), ** FLONA de Cabedelo (PB), *** PE Mata da Pipa (Sibaúma) (RN)

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Tabela 17 – Percentual de riqueza alcançado de espécies de líquens corticícolas crostosos presentes em três restingas do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Restingas | Espécies (n°) | Chao | Jack1 | Jack2 | Boot |
|--------------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | |
| APA Guad* | 28 | 44,50 | 63,01 | 49,38 | 80,50 |
| FLONA Cab.** | 3 | 60,41 | 50,56 | 50,02 | 60,30 |
| PE Sib.*** | 32 | 63,64 | 73,67 | 59,37 | 94,13 |

* APA de Guadalupe (PE), ** FLONA de Cabedelo (PB), *** PE Mata da Pipa (Sibaúma) (RN)

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Devido ao pequeno número de gêneros e espécies encontrados na restinga de Cabedelo, a composição da sua liquenobiota difere fortemente das observadas em Guadalupe e Sibaúma. Mesmo com maior número de táxons, a composição das liquenobiotas de Guadalupe e Sibaúma também foram distintas, constatando-se 75% de diferença quanto aos gêneros e 74% quanto às espécies (Tabela 18). O gênero *Graphis* se destacou pelo maior número de espécies compartilhadas entre Guadalupe e Sibaúma. As espécies *Arthonia complanata*, *Fissurina dumastii*, *Graphis nana*, *G. pinicola*, *Gassicurtia coccifera* e *Glyphis cicatricosa* são compartilhadas entre esses dois ambientes de restinga.

Tabela 18 – Coeficiente de comunidade de líquens corticícolas crostosos em três restingas do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| | Cabedelo | Guadalupe | Sibaúma |
|------------------|-----------------|------------------|----------------|
| Cabedelo | 1,00 | **0,00 | **0,60 |
| Guadalupe | *0,00 | 1,00 | **0,25 |
| Sibaúma | *0,38 | *0,26 | 1,00 |

* Coeficiente de espécies ** Coeficiente de gêneros.

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.2.1.1 Espécies Indicadoras

A média dos grupos formados na análise de espécies indicadoras foi 6,0303, com índice de indicação (IndVal) médio de 3,79 (± 0.96) e $p=0,6944$. A análise de espécies indicadoras apresentou alta significância global de $P=0,00020$, porém não foram selecionadas espécies indicadoras de Restinga, desde que nenhuma apresentou índice de indicação acima de 25% e significância abaixo de 5%. Apesar disso, merecem destaque *A. endachroa*, *A. catasema*, *M. sparsellum* e *S. aff. cryptotrema*, ocorrentes na restinga de Guadalupe, *L. helva* e *P. ochraceoflava*, na restinga de Sibaúma. A última espécie, juntamente com *G. coccifera*, presente em Guadalupe e Sibaúma, apresentaram os maiores índices de indicação (IV=23,3; SD=6,6 \pm 2,79; $p=0,0006$) e (IV=24,9; SD=7,8 \pm 3,13; $p=0,0010$), respectivamente. Mesmo apresentando altos índices, esses estão um pouco abaixo do IndVal= 25%, considerado como limite por Dufrêne & Legendre (1997) e aqui adotado.

3.2.2 Mixomicetos

Das três restingas estudadas, foram obtidos 185 espécimes de mixomicetos pertencentes à 34 espécies, pertencentes às subclasses Myxogastromycetidae e Stemonitomycetidae. Pouco mais de 70% do total dos espécimes foram provenientes de Guadalupe (38,4%) e Cabedelo (36%), enquanto 25,4% foram obtidos em Sibaúma.

Apesar de ter apresentado a menor quantidade de espécimes, Sibaúma destacou-se como a restinga mais rica, onde foram registradas 20 espécies. Em Guadalupe e Cabedelo foram identificadas 16 e 15 espécies respectivamente. As espécies encontram-se distribuídas em quatro ordens e sete famílias. A ordem Stemonitales, representada por sua única família (Stemonitaceae), foi a mais comum, com cinco gêneros e 12 espécies. Echinosteliales foi representada por apenas por Echinosteliaceae (1 sp), os representantes de Stemonitales estiveram distribuídos em Physaraceae (4 spp.), Didymiaceae (2 spp.). Liceales foi representada por 20,58% e Trichiales por 17,64% do total de espécies identificadas (Tabela 19).

Mais da metade (59%) das espécies ocorreram em apenas uma das áreas de restinga, 20,6% estavam presentes em duas áreas, enquanto 15% foram comuns às três áreas estudadas. A maioria (77,4%) das espécies exclusivas esporularam em forófitas das restingas de Sibaúma (10 spp) e Guadalupe (7spp), pertencentes aos gêneros *Stemonitis* (3), *Physarum* (3), *Cribraria* (2), *Stemonaria* (2), *Comatricha* (2), *Diderma* (2), *Hemitrichia* (2) e *Lycogala* (1). Os gêneros *Oligonema*, *Lycogala*, *Clastoderma* e *Collaria* apresentaram apenas uma espécie. *Cribraria confusa*, *C. microcarpa*, *Clastoderma debaryanum* e *Physarum stellatum* foram comuns às três restingas (Tabela 19). Dentre elas, *P. stellatum* não tinha sido citada por Barbosa et al. (2016) para ambiente de restinga. No presente estudo, estão sendo adicionados à mixobiota de restinga 19 novos registros. Esse quantitativo equivale a 58,82% do total de espécies identificadas na presente pesquisa.

A mixobiota de restinga apresentou uma diversidade taxonômica global ($S/G_{\text{global}} = 2,12$) um pouco abaixo do registrado por Barbosa et al (2016) para ambientes de restinga do Centro de Endemismo Pernambuco ($S/G = 1,75$). As três áreas de restinga estudadas demonstraram diversidades taxonômicas muito semelhantes, como Guadalupe (1,60) e Sibaúma (1,61) ou próximas, como Cabedelo (1,75) A diversidade taxonômica das espécies corticícolas apresentada por Bezerra et al (2007) foi mais elevada (1,75) que a diversidade global das

restingas estudadas ($S/G_{\text{global}}= 2,12$). Entretanto, as restingas de Guadalupe (71 espécimes / 16 spp.), Cabedelo (67 espécimes / 15 spp.) apresentaram maior número de espécimes e em Sibaúma (47 espécimes / 20 spp.) a quantidade de espécimes foi um pouco menor (Tabela 19). Em todos os ambientes de restinga estudados na presente pesquisa a riqueza de espécies foi maior que a encontrada por Bezerra (2008), na restinga do Parque Estadual Dunas do Natal, situada no perímetro urbano de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte.

O índice de Shannon demonstrou que a diversidade de espécies em Guadalupe ($H'= 2,351$) e Sibaúma ($H'= 2,715$) são similares, sendo a mixobiota de Sibaúma levemente mais diversa; a restinga de Cabedelo apresentou a mixobiota menos diversa ($H'=1,361$).

O índice de Simpson mede a probabilidade de dois indivíduos sorteados de uma comunidade pertencerem à um mesmo táxon; as espécies mais comuns apresentam maior peso para soma dos quadrados das proporções e as raras contribuem menos. Desse modo, Cabedelo se destacou como o ambiente mais diverso ($D= 0,518$), Guadalupe apresentou diversidade intermediária ($D=0,867$) e Sibaúma foi o menos diverso ($D=0,909$).

Tabela 19 – Espécies e valores de indicação de mixomicetos corticícolas presentes em três áreas de Restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Táxon | RG | RC | RS | IV | Média±desvio padrão | P |
|--|----|----|----|------|---------------------|--------|
| <i>Arcyria cinerea</i> (Bull.) Pers. | X | | X | 16,4 | 7,1±2,92 | 0,0190 |
| <i>Cribraria confusa</i> Nann.-Bremek. & Y. Yamam. | X | X | X | 23,8 | 11,5±3,41 | 0,0064 |
| <i>C violacea</i> Rex | X | X | X | 54,4 | 19,3±3,74 | 0,0002 |
| <i>C intricata</i> Schrad. | X | | | 13,3 | 4,9±2,36 | 0,0276 |
| <i>C. microcarpa</i> (Schrad.) Pers. | X | X | X | 5,3 | 8,0±2,96 | 1,0000 |
| <i>C. cf. lepida</i> Meyl.* ⁺ | | X | | 6,7 | 3,7±2,10 | 0,3369 |
| <i>C. minutissima</i> Schwein.* | X | | | 10,0 | 4,3±2,39 | 0,1046 |
| <i>Clastoderma debaryanum</i> A. Blytt | X | X | X | 10,4 | 7,0±3,08 | 0,2450 |
| <i>C. cf. Pachypus</i> Nann.-Bremek.* ⁺ | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Comatricha longipila</i> Nann.-Bremek. | X | | | 6,7 | 3,6±2,07 | 0,3179 |
| <i>C. pulchella</i> (C. Bab.) Rostaf.* | X | X | | 7,5 | 4,8±2,46 | 0,3149 |

| | | | | | | |
|---|--------|-------|-------|------|----------|--------|
| <i>C. laxa</i> Rostaf.* | | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Diderma aglomerospora</i> ** | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>D. saundersii</i> (Berk. & Broome ex Masee) E. Sheld.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Echinostelium minutum</i> de Bary | X | | X | 2,2 | 3,6±2,07 | 1,0000 |
| <i>Hemitrichia calyculata</i> (Speg.) M.L. Farr | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>H. pardina</i> (Minakata) Ing* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Lycogala epidendrum</i> (L.) Fr.* | | X | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Licea kleistobolus</i> G.W. Martin | X | X | | 17,5 | 6,6±2,79 | 0,0144 |
| <i>Oligonema flavidum</i> (Peck) Peck* | | | X | 13,3 | 4,9±2,46 | 0,0346 |
| <i>Collaria arcyrioides</i> (Sommerf.) Rostaf. | | | X | 6,7 | 3,3±2,36 | 0,3369 |
| <i>Perichaena chrysosperma</i> (Curr.) Lister* | | X | X | 4,0 | 5,0±2,44 | 0,7680 |
| <i>P. depressa</i> Lib.* | | X | X | 4,4 | 4,3±2,40 | 0,7732 |
| <i>Physarum stellatum</i> (Masee) G.W. Martin* | X | X | X | 3,3 | 4,8±2,39 | 1,0000 |
| <i>P. viride</i> (Bull.) Pers. | | | X | 6,7 | 3,3±2,36 | 0,3353 |
| <i>P. decipiens</i> M.A. Curtis | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>P. album</i> (Bull.) Chevall.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Stemonitis</i> aff. <i>pallida</i> Wingate* | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Stemonitis</i> sp. | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>S. axifera</i> (Bull.) T.Macbr. | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>S. nigrescens</i> Rex.* | | X | X | 1,7 | 3,3±2,34 | 1,0000 |
| <i>Stemonitis mussooriensis</i> G.W. Martin, K.S. Thind & Sohi | | X | X | 1,7 | 3,3±2,34 | 1,0000 |
| <i>Stemonaria irregularis</i> (Rex) Nann.-Bremek., R. Sharma & Y. Yamam.* | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Stemonitopsis</i> aff. <i>subcaespitosa</i> (Peck) Nann.-Bremek.* | | | X | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>S. aequalis</i> (Peck) Y.Yamam.* | X | | | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| Total de espécimes | 71 | 67 | 47 | | | |
| Diversidade taxonômica | 1,6 | 1,75 | 1,61 | | | |
| Diversidade de Shannon | 2,351 | 1,361 | 2,715 | | | |
| Diversidade de Simpson | 0,8672 | 0,518 | 0,909 | | | |

RG= Restinga da Área de Proteção Ambiental Guadalupe, PE; RC= Restinga da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo,, PB; RP= Restinga do Parque Estadual Mata da Pipa, RN. IV= valor de indicação (Espécie indicadora); Mean= média; SD=

desvio padrão; valores em negrito correspondem às espécies indicadoras ($\geq 25\%$; $p \leq 0,05$). Novos registros para a Restinga (*). (**) Novos registros para América do Sul. Nova espécie **

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Os estimadores Chao e Jackknife (2) apontaram as maiores estimativas de espécies de mixomicetos na restinga de Guadalupe ($24,700 \pm 9.849$ e $25,597 \pm 3,077$). Jackknife (1) indicou aproximadamente 20 espécies ($21,800 \pm 3,077$) e o Bootstrap ($18,527 \pm 1,544$) a quantidade de espécies coletadas quase atendeu ao valor estimado. Na restinga de Cabedelo foram alcançadas 15 espécies, valor próximo ao apontado pelo Bootstrap ($15,814 \pm 1,344$). Jackknife 1 ($18,800 \pm 2,367$) e 2 ($19,894 \pm 2,367$) apontaram pouco mais de 18 espécies e portanto, foram os que mais estimaram. O estimador Chao indicou quantidade intermediária de espécies ($16,480 \pm 3,738$). Em Sibaúma, os estimadores Chao ($41,420 \pm 15,905$), Jackknife 1 ($33,566 \pm 4,236$) e Jackknife 2 ($42,095 \pm 4,236$) indicaram as maiores quantidades de espécies. Bootstrap estimou aproximadamente 26 espécies ($26,235 \pm 2,486$) e foi o estimador que mais se aproximou do quantitativo de táxons da restinga de Sibaúma. Além disso, Bootstrap apresentou o menor erro padrão dentre os estimadores utilizados nas três áreas estudadas. Baseado no conjunto de táxons de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma, o Bootstrap se confirmou como o estimador mais adequado dentre os utilizados (Tabela 20).

Na restinga de Guadalupe foram alcançados entre 64–86% da riqueza de espécies estimada (Chao= 64,77%; Jackknife 1= 73,39%; Jackknife 2= 62,50). Segundo as estimativas do Bootstrap, foram coletados 86,36% dos táxons potencialmente presentes em Guadalupe. A mixobiota de Cabedelo foi a mais bem representada em termos de táxons alcançados, desde que obteve mínimo de 75% (Jackknife 2) de espécies coletadas. Nessa restinga, a quantidade de táxons coletados esteve mais próxima das estimativas do Bootstrap (94%), seguido por Chao com 91 % de táxons alcançados. Em Sibaúma, as 20 espécies coletadas representaram, em sua menor estimativa, mais de 47% (Jackknife 2) de táxons alcançados e 76% (Bootstrap) de espécies inventariados em sua maior estimativa. De forma geral, a riqueza de mixomicetos alcançada nos ambientes de restinga do CEPE foi superior a 47%, chegando a 94,85% nas três áreas estudadas, evidenciando que o estudo obteve bom levantamento do conjunto de espécies ocorrentes nas áreas estudadas, e que as observações realizadas em termos ecológicos, riqueza e diversidade estão bem suportadas (Tabela 21).

Tabela 20 – Estimadores de riqueza de espécies de mixomicetos presentes em três áreas de Restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Ambiente | Espécies Nº | Chao | SE | Jack1 | SE | Jack2 | Boot | SE |
|-------------|----------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
| Restinga* | 16 | 24,700 | 9,849 | 21,800 | 3,077 | 25,597 | 18,527 | 1,544 |
| Restinga** | 15 | 16,480 | 3,738 | 18,800 | 2,367 | 19,894 | 15,814 | 1,344 |
| Restinga*** | 20 | 41,420 | 15,905 | 33,566 | 4,236 | 42,095 | 26,235 | 2,486 |

* APA de Guadalupe (PE), ** FLONA de Cabedelo (PB), *** PE Mata da Pipa (Sibaúma) (RN)

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Tabela 21 – Riqueza alcançada de mixomicetos coletados em três áreas de Restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Ambientes | Espécies (nº) | Riqueza alcançada (%) | | |
|-------------|---------------|-----------------------|-------|-------|
| | | Chao Boot | Jack1 | Jack2 |
| Restinga* | 16 | 64,77 | 73,39 | 86,36 |
| Restinga** | 15 | 91,01 | 79,78 | 94,85 |
| Restinga*** | 20 | 48,28 | 59,58 | 76,23 |

* APA de Guadalupe (PE), ** FLONA de Cabedelo (PB), *** PE Mata da Pipa (Sibaúma) (RN)

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

As mixombiotas das três restingas estudadas apresentaram semelhanças quanto aos gêneros, mas diferem quanto às espécies. Comparando os gêneros registrados em Guadalupe e Cabedelo, em Guadalupe e Sibaúma e Cabeledo e Sibaúma, obteve-se coeficientes em torno de 50–65%, ou seja, compartilham mais da metade dos táxons. Todavia, as comunidades de espécies das três áreas de restinga foram diferentes com coeficientes entre 38–45% (Tabela 22), mas apresentaram equitabilidades semelhantes (Figura 12).

A diferença entre os gêneros e espécies encontradas neste trabalho e os informados por Barbosa et al (2016) é baixa, desde que há um compartilhamento de 71% dos gêneros e 53% de espécies, respectivamente.

O coeficiente de comunidades entre a restinga do Parque Estadual das Dunas de Natal (Bezerra et al. 2007) e as três restingas estudadas do CEPE evidencia poucas diferenças entre seus gêneros corticícolos (CC= 58%). Talvez, devido à proximidade geográfica, as semelhanças entre a restinga de Sibaúma (RN) e o PE das Dunas de Natal (RN) são maiores com o compartilhamento de 66% de seus gêneros. Entretanto, apresentam diferenças em suas espécies, tanto entre o PE Dunas de Natal vs restingas do CEPE quanto entre o PE vs restinga de Sibaúma com coeficientes em torno de 45% (Tabela 22).

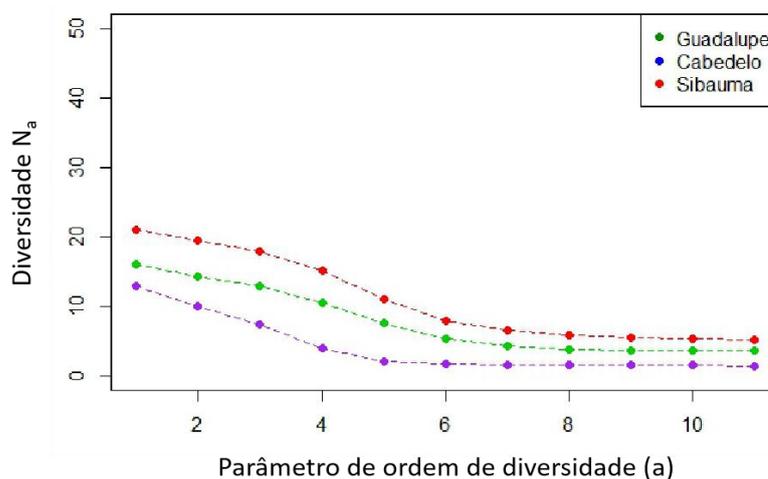
Tabela 22 – Coeficiente de comunidade de mixomicetos presentes em três áreas de Restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| | Guadalupe | Cabedelo | Sibauma |
|------------------|------------------|-----------------|----------------|
| Cabedelo | *0,45 | 1,00 | **0,50 |
| Sibaúma | *0,38 | *0,45 | 1,00 |
| Guadalupe | 1,00 | **0,66 | **0,63 |

* Coef. de espécies ** Coef. de gêneros.

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Figura 13 – Perfis* de diversidade de mixomicetos corticícolos das três áreas de Restinga estudadas do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.



* (Renyi & Hill 1973)

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

A riqueza de mixomicetos presente nas restingas estudadas do CEPE se enquadra na hipótese nula da curva de Gauss e portanto é normal ($W = 0,79294$, $P = 6,478$), e também homogênea (Bartlett's K-squared = 3,8066, $df=2$, $P= 0,1491$).

A análise de variância demonstra que as médias de riqueza presente nas restingas estudadas diferiram dentro e entre seus tratamentos (restingas). Essas diferenças foram evidenciadas e confirmadas pelo teste a posteriori de Tukey. Observou-se que Sibaúma-Cabelo e Sibaúma-Guadalupe não diferiram significativamente entre si com relação a riqueza. Entretanto, a diferença entre Guadalupe-Cabelo é significativa ($p=0,0225237$) (Tabela 23) (Figura 13).

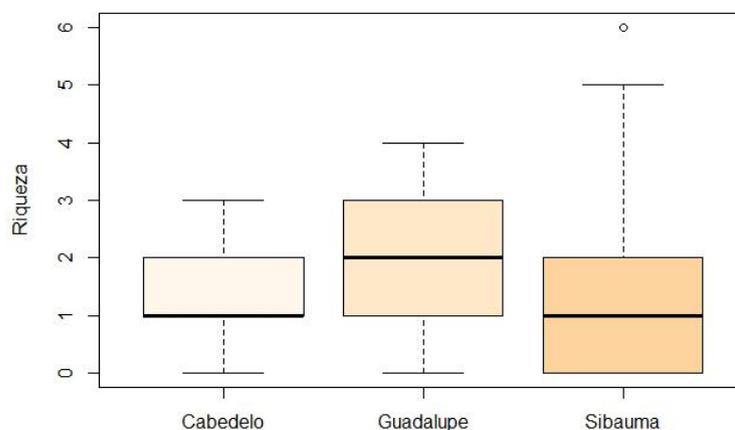
Tabela 23 – Análise de variância da riqueza de mixomicetos das restingas de Guadalupe, Cabelo e Sibaúma (Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil).

| | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Média dos quadrados | F | Pr(>F) |
|----------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|---------|
| Locais | 2 | 1,544 | 0,7722 | 3,736 | 0,0278* |
| Resíduos | 87 | 17,980 | 0,2067 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Figura 14 – Análise de variância da riqueza de mixomicetos corticícolos das restingas de Cabelo, Guadalupe e Sibaúma (Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil)



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Apesar da diferença entre a riqueza não tenha sido significativa (5%) a análise de CLD (Group pair-wise comparisons, Hans-Peter Piepho, 2004) mostra que Cabedelo-Sibaúma são mais próximas entre si que Guadalupe-Sibaúma.

Como comentado anteriormente, o teste *a posteriori* de Tukey apresenta maior sensibilidade que o Coeficiente de Comunidades. Apenas o primeiro envolve médias de riqueza, no segundo a diferença entre comunidades só é considerada quando são encontrados valores inferiores a 50%. Considerando esses pressupostos, percebe-se que, na análise do Coeficiente de Comunidades, são encontradas diferenças entre pares das três comunidades de espécies (Tabela 24). Entretanto, considerando o teste de Tukey essas diferenças são significativas apenas entre as comunidades de Guadalupe e Cabedelo ($P=0,0225237$) (Tabela 24).

Tabela 24 – Teste de Tukey (95% conf.). Múltipla comparação entre médias da riqueza de micomicetos das restingas de Guadalupe(1), Cabedelo(2) e Sibaúma(3), Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil.

| Restingas | Diferença | Limite inferior | Limite superior | P ajustado |
|---------------|------------|-----------------|-----------------|------------|
| RES 1 - RES 2 | 0,3168117 | 0,0369208 | 0,59670263 | 0,0225237 |
| RES 3 - RES 2 | 0,1143615 | -0,1655294 | 0,39425245 | 0,5950102 |
| RES 3 - RES 1 | -0,2024502 | -0,4823411 | 0,07744073 | 0,2018035 |

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.2.2.1 Espécies Indicadoras

A média dos grupos formados na análise de espécies indicadoras foi de 7,6764 com IndVal de 4,71 ($\pm 1,46$) e significância de 0,6363. A análise se apresentou altamente significativa, desde que apresentou p global de 0,00020. Nas restingas estudadas apenas 2,94% das espécies estão sendo informadas como indicadoras. Espécies das famílias Trichiaceae (5,88%), como *A. cinerea* (IV=16,4, média/desvio padrão=7,1 \pm 2,92, p=0,0190) e *O. flavidum* (IV=13; média/desvio padrão=4,9 \pm 2,46, p= 0,0346) apresentaram significância (5%) em seus índices de indicação. O mesmo se observa para as Liceaceae (8,82%), tanto do gênero *Cribraria*, como *C. confusa* (IV=23,8, média/desvio padrão=11,5 \pm 3,41, p=0,0064) e *C. intricata* (IV=13,3; média/desvio padrão=4,9 \pm 2,36 p=0,0276) como *Licea*, representado por *L. kleistobolus* (IV=17,5, média/desvio padrão=6,6 \pm 2,79, p=0,0144). Apesar de apresentarem significância não estão sendo consideradas como indicadoras por apresentarem IV abaixo de

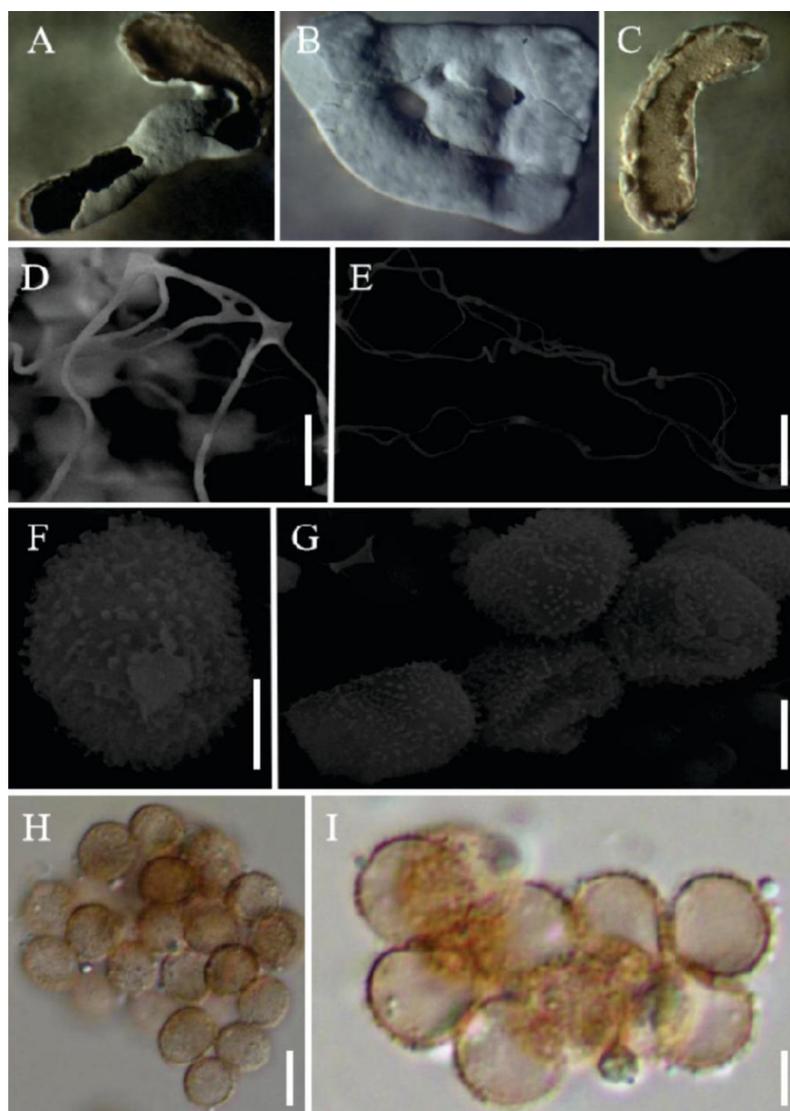
25% (Dufrêne & Legendre, 1997). Mesmo assim, *C. confusa* esteve presente nas três restingas. Dentre as espécies de *Cribraria*, apenas *C. violacea* apresentou IV (54,4%) expressivo a ponto de ser considerada como o táxon de alta fidelidade e que melhor representa as restingas do CEPE (Tabela 19).

Poucos trabalhos relacionam táxons de mixomicetos como indicadores (Brooks et al. 1977, Everhart et al. 2007, Everhart et al. 2009, Scarborough et al. 2009). No estudo realizado em floresta temperada por Scarborough et al. (2009), *C. violacea* também apresentou elevado índice de indicação para a espécie arbórea *Quercus alba* L. e segundo os autores o alto IV esteve fortemente associado ao pH ácido (pH=4,96–5,14) apresentado pela forófito.

Além das 20 espécies que estão sendo apresentadas como novos registros para ambientes de restinga no Brasil, a presente pesquisa adiciona à classe Myxomycetes uma nova espécie, nomeada como *Diderma agglomerospora* D.I. Barbosa & L.H. Cavalcanti (Holótipo: UFP 858 59), coletada na Área de Proteção Ambiental Guadalupe (Barbosa et al no prelo). Etmologicamente o epíteto específico “*agglomerospora*” vem de “*agglomeratio*”, palavra derivada do latim que significa ação ou efeito de aglomerar-se e destaca a forma como os esporos se organizam. Além dos esporos agrupados a nova espécie difere de outras do gênero por apresentar a parede do esporo ornamentada com verrugas e placas, visíveis sob microscopia eletrônica de varredura (Figura 15).

Atualmente no Brasil são conhecidas 12 espécies do gênero *Diderma*, dentre as quais, sete (58,33%) já foram identificadas na Região Nordeste do Brasil. Apenas os táxons *Diderma albo-columella* A.C.C. Bezerra & L.H. Cavalcanti. (RN), *D. deplanatum* Fr.(PE, RN), *D. effusum* (Schwein.) Morgan (PB, PE, SE) e *D. hemisphaericum* (Bull.) Hornem (BA, PE, RN), têm registro de ocorrência em ambientes de restinga no Brasil, sendo as duas primeiras espécies encontradas exclusivamente nos domínios do CEPE.

Figura 15 – *Diderma aglomerospora* D.I. Barbosa & L.H. Cavalcanti. Representações do esporângio A,B,C (Columela e perídio), Capilício D (Barra=5 μ m), E (Barra=10 μ m), Esporos F (Barra=3 μ m), G (Barra=4 μ m), H (Barra=10 μ m), I (Barra=5 μ m)



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.2.3 Influência de fatores ambientais na composição de líquens e mixomicetos de restinga

3.2.3.1 Mixomicetos de restinga

O conjunto de mixomicetos estudados nas restingas do Centro de Endemismo Pernambuco, apesar de apresentar correlação de Pearson forte ($r= 0,733$), é razoavelmente explicado pelas variáveis das forófitas (abertura de dossel, tamanho da copa e dbh), desde que

a proporção das variâncias apontadas pelos autovalores (AV) não é muito expressiva (AV do eixo 1= 0,366; AV do eixo 2= 0,192). Considerando esses pressupostos, apenas o primeiro eixo foi significativo ($p= 0,0521$). Embora tenha havido correlação positiva no eixo 1 para três variáveis, a abertura de dossel explica melhor o gradiente apresentado pelas espécies.

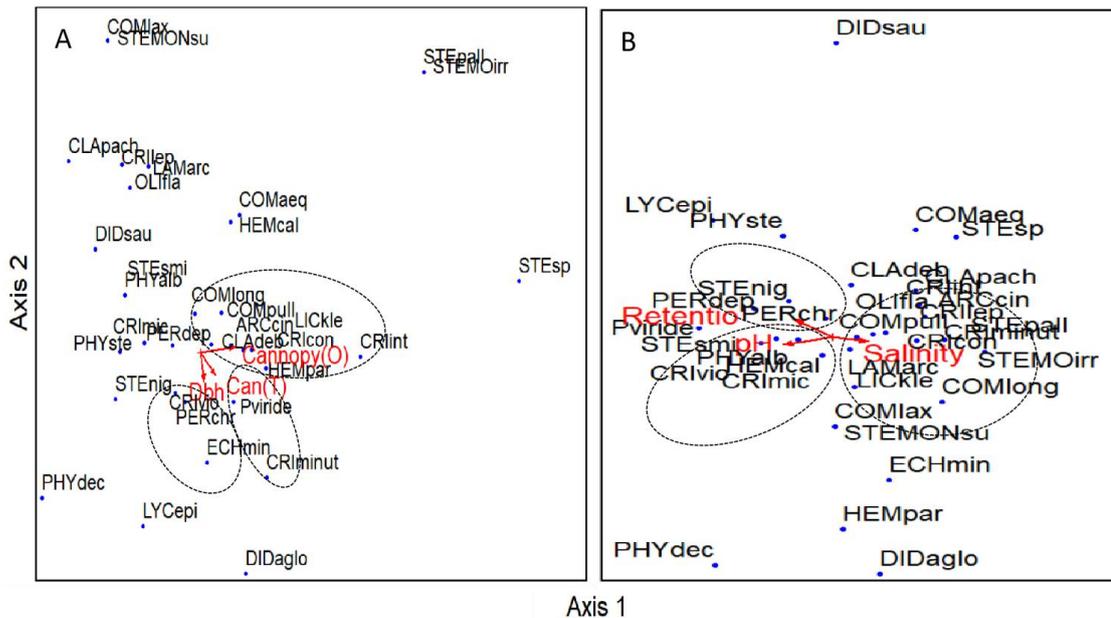
A abertura de dossel medida nas restingas do CEPE variou entre 9,58–35,55%. Espécies de Stemonitales ocorreram em áreas onde a luminosidade foi maior. Espécimes de *Stemonitis* sp estão associados a áreas com dosséis mais abertos (35,55%). *Stemonitis pallida* e *Stemonaria irregularis* também ocorreram em forófitas posicionadas em trechos onde a abertura de dossel ultrapassou 30% (32%). Os espécimes de *C. intricata* ocorreram em áreas com dossel menos aberto (12–17%). *Cribraria minuta* foi mais generalista, desenvolvendo-se sobre cascas retiradas de forófitas com troncos cujos diâmetros variaram entre 38 cm e 71 cm) e com copas de tamanhos variados (13–19 m).

As proporções de variância encontradas nas variáveis mensuradas nas câmaras úmidas (salinidade, retenção de água e pH) foram maiores no primeiro eixo [AV do eixo1 = 0,554 ($p= 0,0010$); AV do eixo 2 = 0,265 ($p > 0,05$) cujas informações foram significativas (Spp-Envr Corr.=0,846; mean= 0,638; max= 0,497; min= 0,781; $p= 0,0010$). A correlação de Pearson que mede as relações entre os scores derivados das espécies e variáveis foi forte ($r= 0,846$). Dentre as variáveis, pH e retenção de água apresentaram os maiores scores de correlação (Correl= 0,574). Quando comparadas com a salinidade constatou-se que pH e absorção de água apresentam gradientes de espécies distintos, ou seja, são inversamente proporcionais quanto aos seus coeficientes canônicos, pH= $-0,501$; retenção= $-0,160$; salinidade= 0,248 (eixo 1; $p\leq 0,05$).

A salinidade presente nas cascas das forófitas variou entre 1,000–1,006 (ppm). As espécies *S. pallida* e *S. irregularis* estiveram presentes em fragmentos com salinidade de 1,005 ppm e estabeleceram correlação positiva com esse componente. Outras espécies de Stemonitales, como *C. longipilla* e *Stemonitis* sp. (1,004 ppm) e *C. minuta* também apresentaram alta correlação com a salinidade. Os táxons mencionados esporularam em cascas onde a acidez (3,8–4,5) e a retenção de água (33–50%) foram muito baixas, principalmente quando comparadas ao gradiente de espécies influenciado pela retenção de água e pH. Por isso, espécies como *P. viride*, *P. decipiens*, *L. epidendrum* e *C. violacea* responderam de forma positiva às variáveis acidez e absorção de água. Essas espécies

estiveram presentes em cascas com pH entre 4–6 e a retenção de água pelas cascas também foi maior (até 77%) (Figura 16).

Figura 16 – CCA da distribuição da comunidade de mixomicetos corticícolas de restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil, em função das variáveis: **A** - presentes nas forófitas, **B** - mensuradas nos cultivos de câmara-úmida



Legenda: Dbh - diâmetro na altura do peito; Can (T) - diâmetro da copa; Cannopy (O) - abertura de dossel; pH - acidez; Retention - retenção de água pelas cascas; Salinity - (salinidade em ppm).

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.2.3.2 Líquens de restinga

A composição e distribuição da líquenobiota das restingas do CEPE são explicadas de forma moderada pelas variáveis intrínsecas das forófitas (AV do Eixo 1= 0,656; AV do Eixo 2= 0,577); além disso, os valores de correlação de Pearson entre espécies e variáveis nos dois primeiros eixos apontam para uma forte correlação [$r= 0,894$ (eixo1) e $0,865$ (eixo 2)].

Abertura de dossel, tamanho da copa e dbh apresentaram correlação positiva com as espécies de líquens nos eixos mais fortes. Medidas referentes ao tamanho da copa estão mais relacionadas ao dbh que à abertura de dossel, ou seja, nem sempre copas maiores implicam em menor passagem de luz para partes mais baixas da forófitas. Embora isso tenha ocorrido, tamanho da copa (0,739), seguido por abertura de dossel (0,455) apresentaram as maiores

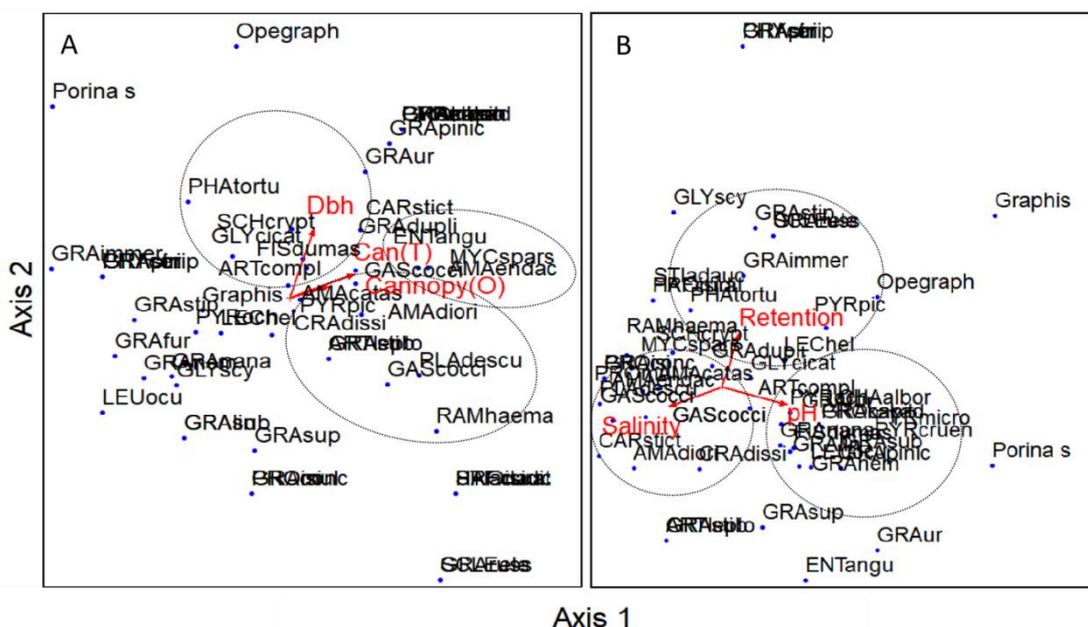
correlações com as espécies de líquens no primeiro eixo da análise de CCA. Os tamanhos das copas das árvores cujos táxons de líquens foram coletados variaram entre 4–22 metros. *P. isidiata*, *H. curatellae*, *S. adauctum* (15,8 m) e *R. haematites* (8,6–15,8 m) estiveram presentes em forófitas com copas de tamanho intermediário. Essas mesmas espécies foram encontradas em áreas cuja abertura de dossel é baixa/intermediária (17,62%), *R. haematites* foi encontrada em áreas mais abertas (17–32%). *Graphis russeola* e *S. elegans* se desenvolveram em árvores com copas um pouco maiores (18 m) e, portanto, com dossel menos aberto (10%).

O diâmetro dos troncos, que nas áreas de restinga variou entre 15–73 cm, foi o principal fator responsável pela distribuição das espécies no segundo eixo. *Opegrapha* sp., o táxon mais influenciado por essa variável, esteve presente em troncos de médio (29 cm) a grande porte (73 cm). Espécimes de *Porina* sp. se desenvolveram em troncos com diâmetro médio de 53 cm. Espécies como *P. capitata*, *P. microcarpa*, *C. alborosella* e *P. cruenta* foram encontradas em troncos de grande porte (66,87 cm), principalmente na restinga de Guadalupe.

Nos dois primeiros eixos da CCA foram constatadas as maiores proporções da variância explicada (AV do Eixo 1= 0,839; AV do Eixo 2= 0,519). No eixo 1, onde a maior parte dos dados foram explicados, evidencia-se a importância do pH e da retenção de água pelas cascas ($p=0,0020$). Essas mesmas variáveis apresentam forte relação entre si, mas estão negativamente relacionadas com a salinidade (Salinidade vs pH= -0,127; Salinidade vs retenção de água= -0,154) (Figura 16).

Constatou-se forte influência da retenção de água sobre espécimes de *Graphis* e *Opegrapha*, a primeira ocorrendo em casca com absorção de 67,30%. O segundo gênero, representado por apenas uma espécie, esteve presente em fragmentos com uma variação maior de retenção, compreendida entre 55–67%. Amostras de *Porina* sp encontradas principalmente na restinga de Cabedelo (PB), ocuparam substratos com pH levemente ácido (pH= 6,2). Outras espécies, tais como *G. pinicola* (pH= 4,4) e *P. isidiata*, *G. kakaduensis* e *P. microcarpa* foram identificadas sobre substratos menos ácidos (pH= 5,5).

Figura 17 – CCA da distribuição da comunidade de líquens corticícolas crostosos de restinga do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil, em função das variáveis: A - presentes nas forófitas, B - mensuradas nos cultivos de câmara-úmida .



Legenda: Dbh - diâmetro na altura do peito; Can (T) - diâmetro da copa; Cannopy (O) - abertura de dossel; pH - acidez; Retention - retenção de água pelas cascas; Salinity - (salinidade em ppm).

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.3 LIQUENS E MIXOMICETOS DE FLORESTA ATLÂNTICA DO CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO

3.3.1 Líquens de Floresta Ombrófila (Pedra Talhada - AL)

Na Floresta Ombrófila de Pedra Talhada foram registrados 25 espécimes, correspondendo a 19 espécies de líquens corticícolas crostosos, integrantes das classes Arthoniomycetes (1 sp), Dothideomycetes (2 spp) e Lecanoromycetes (16 spp), Dentre as quatro ordens registradas Ostropales foi a mais bem representada (84,21%), seguida por Trypeteliales (10,52%); as ordens Arthoniales (5,26%) e Monoblatiales (5,26%) foram as menos representativas. Trypetheliaceae (5,26%), Porinaceae (5,26%), Monoblastiaceae (5,26%) e Roccellaceae (5,26%) apresentaram o mesmo quantitativo de espécimes, destacando ainda mais a representatividade de Graphidaceae como a família dominante na REBIO de Pedra Talhada, que contou com 78,94% do total de táxons (Tabela 25).

Tabela 25 – Espécies e índices de indicação de líquens corticícolas crostosos coletados em Floresta Ombrófila Densa (Pedra Talhada - AL).

| Táxon | Acrônimo | IV | Média±desvio padrão | p |
|--|---------------|--------|---------------------|--------|
| <i>Acanthothes aff. hololeuroides</i> (Nyl.) Staiger & Kalb | <i>ACAhol</i> | 3,2 | 3,3±0,12 | 1,0000 |
| <i>Fissurina dumastii</i> Fée | <i>FISdum</i> | 3,4 | 3,3±0,12 | 0,4975 |
| <i>Glyphis</i> sp. | <i>GLY</i> | 3,4 | 3,3±0,12 | 0,4619 |
| <i>Graphis</i> sp. | <i>GRA</i> | 3,2 | 3,3±0,12 | 1,0000 |
| <i>Graphis arbusculaeformis</i> (Vain.) Lücking | <i>GRAarb</i> | 3,2 | 3,3±0,12 | 1,0000 |
| <i>Graphis aff. dracaenae</i> Vain. | <i>GRAdra</i> | 3,4 | 3,3±0,12 | 0,4789 |
| <i>Graphis glaucescens</i> Fée | <i>GRAgla</i> | 1,8 | 4,2±2,44 | 1,0000 |
| <i>Graphis duplicata</i> Ach. | <i>GRAdup</i> | 3,2 | 3,3±0,12 | 1,0000 |
| <i>Graphis striatula</i> (Ach.) Spreng. | <i>GRAstr</i> | 3,4 | 3,3±0,12 | 0,4901 |
| <i>Lecanactis epileuca</i> (Nyl.) Tehler. | <i>LECepi</i> | 3,4 | 3,3±0,12 | 0,4975 |
| <i>Leucodecton occultum</i> (Eschw.) Frisch. | <i>LEUocc</i> | 3,2 | 3,3±0,12 | 1,0000 |
| <i>Megalotremis</i> Aptroot. | <i>MEG</i> | 3,2 | 3,3±0,12 | 1,0000 |
| <i>Ocellularia</i> sp. G. Mey. | <i>OCE</i> | 4,7 | 5,8±2,40 | 0,6219 |
| <i>Ocellularia papillata</i> (Leight.) Zahlbr. | <i>OCEpap</i> | 7,1 | 6,7±3,02 | 0,6189 |
| <i>Ocellularia aff. subemersa</i> Müll. Arg. | <i>OCEsub</i> | 3,4 | 3,3±0,12 | 0,4957 |
| <i>Ocellularia aff. papillata</i> (Leight.) Zahlbr. | <i>OCEpap</i> | 7,1 | 6,7±3,02 | 0,6189 |
| <i>Porina</i> sp. Müll. Arg. | <i>POR</i> | 3,2 | 3,3±0,12 | 1,0000 |
| <i>Polymeridium subcinereum</i> (Nyl.) R.C. Harris. | <i>POLsub</i> | 3,4 | 3,3±0,12 | 0,4975 |
| <i>Phaeographis brasiliensis</i> (A. Massal.) Kalb & Matthes-Leicht. <i>PHAbra</i> | | 3,4 | 3,3±0,12 | 0,4975 |
| Total de espécimes | | 25 | | |
| Diversidade taxonômica | | 1,72 | | |
| Diversidade de Shannon | | 2,6941 | | |
| Diversidade de Simpson | | 0,9201 | | |

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Os gêneros *Graphis* (6 spp) e *Ocellularia* (4 spp) apresentaram a maior quantidade de espécies e os demais foram representados por apenas uma espécie cada (*Acanthothecis*, *Fissurina*, *Glyphis*, *Lecanactis*, *Leucodecton*, *Megalotremis*, *Polymeridium* e *Phaeographis*) (Tabela 25).

A liquenobiota da FOD de Pedra Talhada (AL) apresentou diversidade taxonômica de 1,72. Levando em consideração que valores próximos a 1 indicam alta diversidade, a floresta de Pedra Talhada apresentou diversidade moderada. Shannon e Simpson também apresentaram índices de diversidade moderados, $H' = 2,6941$ e $D = 0,9201$ respectivamente.

A riqueza de líquens da Floresta Ombrófila estudada atende aos critérios de normalidade e homogeneidade ($W = 0,30684$, $p = 2,592$) não havendo diferenças significativas de riqueza entre as espécies presentes nas forófitas estudadas ($p \geq 0,05$) (Tabela 26).

Tabela 26 – Análise de variância da riqueza de líquens coletados em Floresta Ombrófila Densa (Reserva Biológica de Pedra Talhada - AL).

| | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Média dos quadrados | F | Pr(>F) |
|----------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|--------|
| Locais | 1 | 0,425 | 0,4247 | 3,626 | 0,0672 |
| Resíduos | 28 | 3,279 | 0,1171 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

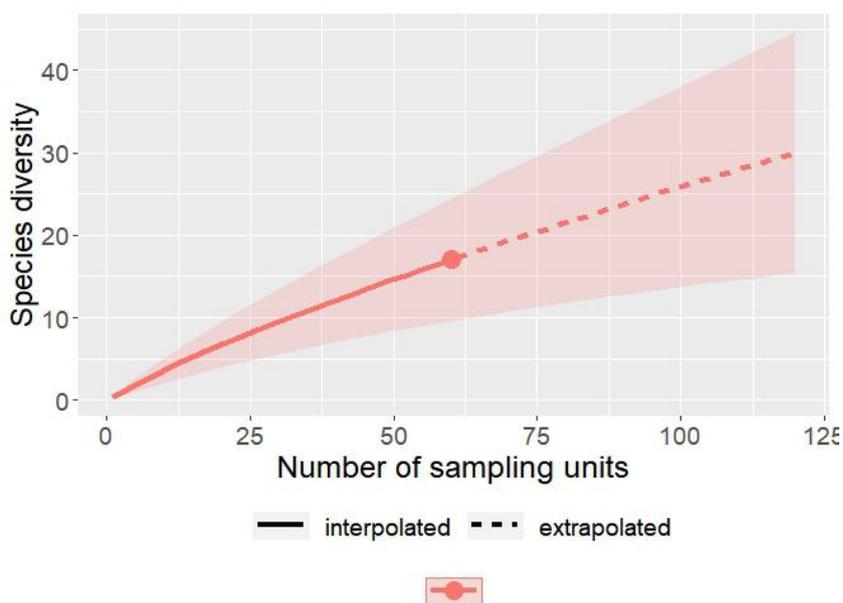
Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Os estimadores de riqueza indicaram quantidade de espécies quase duas vezes maior que o número de espécies coletadas. Chao foi o que mais estimou ($66,183 \pm 43,270$), seguido por Jackknife 2 ($43,399 \pm 4,626$) e 1 ($31,766 \pm 4,626$). Entretanto, diferente do último estimador, Chao apresentou desvio padrão muito elevado, o que torna a estimativa superestimada. Por outro lado, Bootstrap estimou uma riqueza de táxons muito próxima ao que foi coletado ($23,430 \pm 2,563$).

Como visto na figura 18 a curva de acúmulo de espécies não atingiu a assíntota e por isso ainda é requerido maior esforço amostral. Mesmo que isso tenha ocorrido, foram identificadas 19 espécies que correspondem a cerca de 30–80% do total de espécies segundo os estimadores. Entretanto, segundo o que vem sendo estudado em Floresta Ombrófila Densa, ainda há muito a ser estudado nesse tipo de ambiente.

Foram coletadas pouco mais de 28% (28,70 %) das espécies previstas por Chao, entretanto como informado anteriormente, esse indicador apresentou desvio padrão alto dificultando a credibilidade da estimativa. Em estimadores com desvios padrão mais baixos, observa-se que o esforço amostral alcançou mais de 40% das espécies de líquens apontada pelos estimadores. Considerando o Jackknife 2 e 1, foram alcançados 43,77% e 59,81% respectivamente. A riqueza presente no fragmento de floresta ombrófila estudado alcançou pouco mais de oitenta por cento (81,09%) do estimado por Bootstrap.

Figura 18 – Curva de acumulação de espécies de líquens corticícolas crostosos de Floresta Ombrófila Densa (REBIO Pedra Talhada - AL), do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.3.1.2 Espécies indicadoras

Os líquens da Floresta Ombrófila de Pedra Talhada também não apresentaram espécies indicadoras, como observado para os mixomicetos presentes na mesma unidade de conservação. As médias de indicação ($3,52 \pm 0,53$) e de significância ($p=0,6754$) foram baixas, culminando em um p global acima de 5% ($p=0,70154$). Os índices de indicação (IndVal) variaram entre 1,8–7,1, estando muito abaixo dos valores considerados nesta pesquisa (IV=25%; $P \leq 0,05$) (Dufrêne & Legendre, 1997).

3.3.2 Mixomicetos de Floresta Ombrófila (Pedra Talhada - AL)

Dentre o total de câmaras úmidas (120 c.u), apenas 40,55% foram positivas. As espécies que esporularam desse conjunto encontram-se distribuídas em duas das três subclasses dos mixomicetos (Myxogastromycetidae, Stemonitomycetidae) e quatro das seis ordens. Dentre elas, Trichiales (Trichiaceae, 7 spp.) e Liceales (Liceaceae, 7 spp.), com 41,17% cada, foram as mais comuns; Stemonitales (Stemonitaceae, 2 spp.) foi representada por 17,64% e Echinosteliales (Clastodermataceae, 1 sp.) por 5,8%.

Foram obtidos 47 espécimes, pertencentes a 17 espécies, distribuídas em oito gêneros (Tabela 27). As espécies mais comuns foram *A. cinerea*, *C. confusa* e *C. microcarpa*, sendo a primeira representada pelo maior número de espécimes (15 espécimes, 31,91%). *Cribraria confusa* tem se destacado como uma das espécies corticícolas mais comuns em florestas tropicais, tanto no Brasil como em outras partes do mundo (Barbosa et al 2016; Novozhilov et al 2017).

A mixobiota corticícola da FOD de Pedra Talhada (AL) apresentou diversidade taxonômica moderada ($S/G=2,125$). No índice de diversidade de Shannon, que varia de $0 - \infty$, valores elevados são indícios de diversidade mais alta. Segundo esse índice, a diversidade de mixomicetos foi de $H'=2,3923$. Ao contrário de Shannon, a diversidade escalonada por Simpson varia de $0 - 1$, onde valores mais altos indicam baixa diversidade. A mixobiota da FOD de Pedra Talhada apresentou elevado índice de Simpson ($D=0,8635$), apontando para uma baixa diversidade de mixomicetos corticícolas nesse tipo de fitofisionomia estudado.

Tabela 27 – Espécies e índices de indicação de mixomicetos corticícolas coletados em Floresta Ombrófila Densa (Pedra Talhada - AL).

| Táxon | Acrônimo | IV | Média | |
|---|---------------|--------|----------------|--------|
| | | | ±desvio padrão | p |
| <i>Arcyria cinerea</i> (Bull.) Pers. | <i>ARCcin</i> | 8,9 | 13,1±3,93 | 0,9988 |
| <i>Cribraria confusa</i> Nann.-Bremek. & Y. Yamam. | <i>CRIcon</i> | 20,0 | 9,0±3,34 | 0,0236 |
| <i>C. microcarpa</i> (Schrad.) Pers. | <i>CRImic</i> | 6,7 | 8,0±3,08 | 0,7375 |
| <i>C. intricata</i> Schrad. | <i>CRIint</i> | 6,7 | 4,1±2,50 | 0,4883 |
| <i>C. minutissima</i> Schwein. | <i>CRImin</i> | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>C. violacea</i> Rex. | <i>CRIvio</i> | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>C. tenella</i> Schrad. | <i>CRIten</i> | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Clastoderma debaryanum</i> A. Blytt | <i>CLAdeb</i> | 1,7 | 4,1±2,50 | 1,0000 |
| <i>Hemitrichia clavata</i> (Pers.) Rostaf. | <i>HEMcla</i> | 1,7 | 4,1±2,50 | 1,0000 |
| <i>H. pardina</i> (Minakata) Ing | <i>HEMpar</i> | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Licea kleistobolus</i> G.W. Martin | <i>LICKle</i> | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>Macbrideola martinii</i> (Alexop. & Beneke) Alexop. | <i>MACmar</i> | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>M. verrucosa</i> (Nann.-Bremek. & Y. Yamam.) Y. Yamam. | <i>MACver</i> | 6,7 | 4,2±2,50 | 0,4989 |
| <i>Perichaena calongei</i> Lado, D. Wrigley & Estrada | <i>PERcal</i> | 3,3 | 3,3±0,05 | 1,0000 |
| <i>P. chrysosperma</i> (Curr.) Lister | <i>PERchr</i> | 6,7 | 4,4±2,22 | 0,4903 |
| <i>P. depressa</i> Lib. | <i>PERdep</i> | 1,7 | 4,2±2,50 | 1,0000 |
| <i>Trichia botrytis</i> (J.F. Gmel.) Pers. | <i>TRIbot</i> | 4,4 | 5,7±2,35 | 1,0000 |
| Total de espécimes | | 47 | | |
| Diversidade taxonômica | | 2,125 | | |
| Diversidade de Shannon | | 2,3923 | | |
| Diversidade de Simpson | | 0,8635 | | |

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

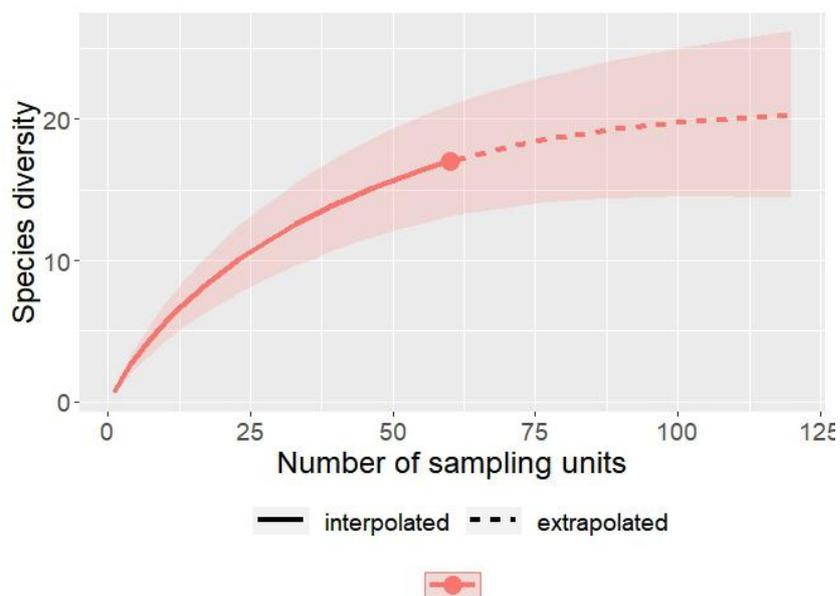
Até o presente momento, as Florestas Ombrófila Densa e Sazonal Semidecidual do Centro de Endemismo Pernambuco contabilizavam juntas 62 espécies de mixomicetos corticícolas. Na FOD de Pedra Talhada, estão presentes mais da metade (70,58%) dos táxons identificados por Barbosa et al. (2016). Cinco espécies de mixomicetos corticícolas estão sendo relatadas como novas ocorrências para o Centro de Endemismo Pernambuco: *Cribraria minutissima*, *C. tenella* (Cribrariaceae), *Trichia botrytis*, *Hemitrichia clavata* (Trichiaceae) e *Macbrideola verrucosa* (Stemonitaceae). Dentre elas, o gênero *Trichia* nunca tinha sido identificado como corticícola em fitofisionomias de floresta do CEPE.

A distribuição dos mixomicetos presentes nas forófitas da Reserva Biológica de Pedra Talhada é homogênea e está em conformidade com a curva de Gauss, desde que o teste de normalidade de Shapiro-Wilk apresentou valores acima de 5% ($W = 0,49974$, $p = 5,421$). Não foram encontradas diferenças significativas entre as riquezas de mixomicetos presente nas forófitas estudadas da floresta ombrófila densa (Pedra Talhada - AL) ($p \geq 0,05$).

No ambiente estudado o estimador Jackknife 2 ($28,798 \pm 3,114$) indicou a maior quantidade de espécies. Chao e Jackknife 1 apresentaram valores estimados semelhantes (24,866), entretanto o primeiro esteve acompanhado por um erro padrão muito superior ao segundo, $SE = 7,367$ e $SE = 3,114$, respectivamente. Por outro lado, Bootstrap estimou a menor quantidade de táxons ($20,540 \pm 1,692$).

Embora a curva de acumulação de espécies (Figura 19) não tenha atingido a assíntota o esforço amostral aqui empregado foi alto, desde que a quantidade de espécies identificadas no ambiente de mata foi superior a 50% dos táxons previstos pelos estimadores de riqueza. Foram alcançadas 68,36% das espécies previstas pelos estimadores Chao e Jackknife 1. Pouco mais de 59% das espécies foram alcançadas em relação as estimativas de Jackknife 2 e mais de 82% dos táxons foram alcançados considerando o estimador Bootstrap.

Figura 19 – Curva de acumulação de espécies de mixomicetos corticícolas de Floresta Ombrófila Densa (REBIO Pedra Talhada - AL) do Centro de Endemismo, Nordeste do Brasil.



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.3.2.1 Espécies indicadoras

Não foram detectadas espécies de mixomicetos indicadoras da Floresta Ombrófila de Pedra Talhada (AL). As médias dos valores de indicação (IndVal) e de significância foram de 4,95 (SD±1,63) e $p=0,8375$, respectivamente. A análise não apresentou significância global ($p=0,31226$). *Arcyria cinerea* apresentou o maior número de espécimes (31,91% do total), entretanto o segundo maior valor de indicação (IV= 8,9; Mean= 13,1±3,93; $p= 0,9988$). A espécie *Cribraria confusa* (IV= 20,0; Mean= 9,0±3,34; $p= 0,0236$) foi a única que apresentou índice de indicação muito próximo a 25% e $P\leq 0,05$. Apesar de terem sido as duas espécies mais representativas da FOD de Pedra Talhada, ambas não apresentam valores de indicação suficientes para serem consideradas como indicadoras desse tipo de fitofisionomia (Dufrêne & Legendre, 1997).

3.3.3 Influência de fatores ambientais na composição de líquens e mixomicetos de floresta ombrófila

3.3.3.1 Mixomicetos de Floresta Atlântica (Pedra Talhada -AL)

A relação entre a distribuição dos mixomicetos e as variáveis ambientais foi significativa ($p \leq 0,05$). Os autovalores da CCA foram expressivos, 0,737 (Eixo 1) e 0,570 (Eixo 2) e apresentaram alta correlação de Pearson [$r=0,913$ (eixo 1); $r=0,800$ (eixo 2)]. No primeiro eixo onde houve significância estatística (AV= 0,737; média= 0,591; mínimo= 0,358; máximo= 0,811; $p= 0,0150$), apenas tamanho da copa (0,261), dbh (0,246) e pH (0,467) apresentaram correlação positiva com as espécies (Spp-Envr Corr. =0,913; média= 0,836; mínimo= 0,655; máximo= 0,956; $p= 0,0390$ - Monte Carlo).

As variáveis tamanho da copa (variação= 6,2–18,3m) e a abertura de dossel (variação= 10,77–23,99%) não apresentaram correlação positiva entre si (-0,092), pois nem sempre copas maiores são indícios de menor porcentagem de abertura de dossel. Certas espécies arbóreas apresentam galhos longos e ramificados, mas com poucas folhagem. Outras diminuem intensamente suas folhas em determinadas épocas do ano. Por esses e outros motivos constatam-se árvores com copas grandes, mas que permitem alta passagem de luz. Em outros casos, a superposição de copas de outras árvores sobre copas menores implica em diminuição de passagem de luz.

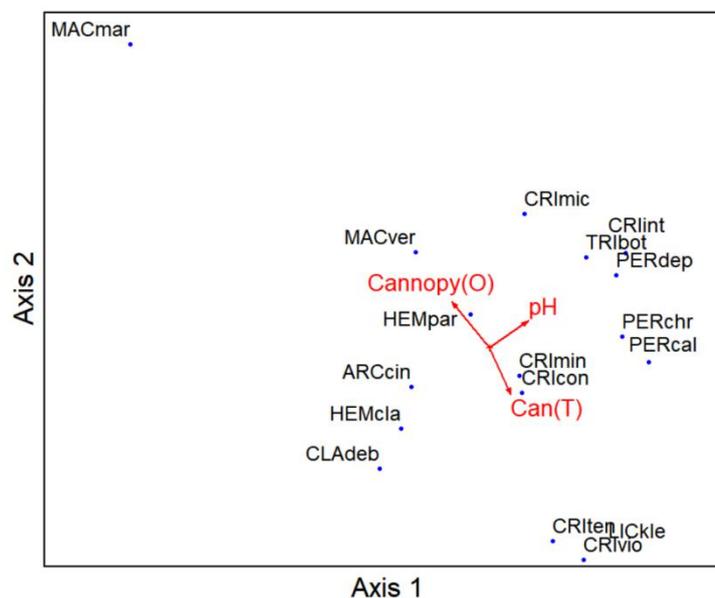
As espécies que apresentaram correlação positiva com o tamanho da copa são todas da ordem Liceales (*C. minuta*, *C. confusa*, *C. tenella*, *C. violacea* e *L. kleistobolus*) e ocorreram predominantemente em copas de médio a grande porte (12–18m). *Cribraria confusa*, ocorreu em forófitas com maior variação de tamanhos de suas copas (6,2–18,3 m), talvez em decorrência da maior frequência na amostra.

O dossel da Floresta Ombrófila apresenta características peculiares (IBGE 2004, 2012) e, além disso, é caracterizado pelas árvores serem frondosas e de tamanho uniforme, dificultando muitas vezes, a entrada de luz nesses ambientes. Comparada aos ambientes de restinga (9,58–35,55%) e manguezal (18%–57%), a floresta ombrófila apresentou dosséis maiores e mais fechados (10,77–23,99%). Como é de se esperar, devido ao tamanho de suas copas, nas árvores que os táxons acima ocorreram foi detectada baixa abertura de dossel (média de 11%). *Hemitrichia pardina* e as representantes de Stemonitaceae (*M. verrucosa* e *M. martinii*) foram

identificadas em árvores com copas menores (até 10m) e abertura de dossel elevada, com média 18,18%.

Mixomicetos ocorrem preferencialmente em cascas ácidas e poucas espécies são preferencialmente encontradas em meio básico (Novozhilov et al. 2017). No fragmento florestal estudado, o pH do substrato variou desde muito ácido (3,6) até próximo ao básico (7,2), destacando-se como o fator que mais influenciou a composição da mixobiota da floresta ombrófila ($p \leq 0,05$). Espécies de Liceales (*Cribraria microcarpa* e *C. intricata*) e Trichiales (*T. botrytis*, *P. depressa*, *P. chrysosperma* e *P. calongei*) foram as mais influenciadas pela acidez, ocorrendo em cascas com média de pH entre 5,65–5,85 (Figura 19; Tabela 28). *Arcyria cinerea* (4,0 – 6,0) e *C. confusa* (3,0 – 6,5) se destacaram como as espécies mais generalistas, ocorrendo em ampla faixa de pH. Essas duas espécies foram encontradas recentemente ocorrendo em diversas zonas (alturas) do tronco de forófitas em ambientes de Floresta Ombrófila Densa (Terras baixas), Florestas Ombrófila aberta de terras altas e sazonal semidecidual montana (brejos de altitude). *A. cinerea* é a espécie ocorrente em pH entre 4–6,9 e *C. confusa* ocorre em cascas mais ácidas, entre 4–5,9 (Barbosa 2016). Em outros tipos de ambientes (tropicais, temperados e regiões áridas) e, sobre diversas espécies arbóreas (em especial dos gêneros *Acacia*, *Corymbia* e *Eucalyptus*), a espécie *A. cinerea*, mesmo não sendo a mais abundante, foi identificada tanto em meio ácido quanto em meio levemente básico (3,7–7,4) revelando-se como o táxon mais generalista dentre os coletados. *Cribraria confusa* (pH= 3,7–5,2) foi identificada em cascas mais ácidas e com menor extensão de acidez quando comparada a *A. cinerea* (Wellman 2009).

Figura 20 – CCA da distribuição da comunidade de mixomicetos corticícolas de Floresta Ombrófila Densa (REBIO de Pedra Talhada-AL) componente do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil, em função de variáveis ambientais. Legenda: Can (T) - diâmetro da copa; Cannopy (O) - abertura de dossel; pH - acidez



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Tabela 28 – Distribuição de mixomicetos de Floresta Ombrófila Densa (REBIO de Pedra Talhada-AL) componente do Centro de Endemismo Pernambuco em função das classes de pH

| Espécies | Classes de pH do substrato | | | | | | | | pH (Média) |
|---------------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| | 3,5–4,0 | 4,0–4,5 | 4,5–5,0 | 5,0–5,5 | 5,5–6,0 | 6,0–6,5 | 6,5–7,0 | 7,0–7,5 | |
| <i>ARCcin</i> | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4,77 |
| <i>HEMpar</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,1 |
| <i>HEMcla</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,55 |
| <i>PERdep</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,65 |
| <i>TRlbot</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,66 |
| <i>PERchr</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,7 |
| <i>PERcal</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,8 |

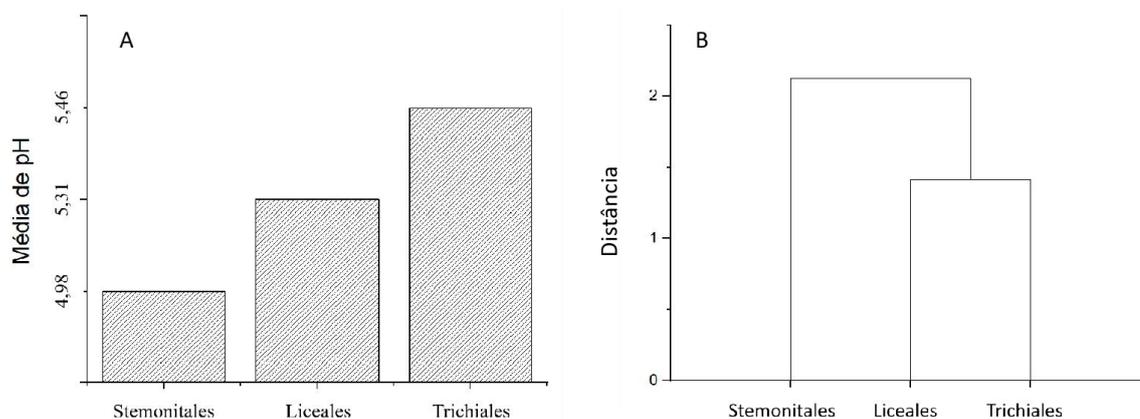
| | | | | | | | | | |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|------|
| <i>CRImin</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,6 |
| <i>CRIten</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,4 |
| <i>CRIcon</i> | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5,12 |
| <i>CRImic</i> | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 5,64 |
| <i>CRInt</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 5,85 |
| <i>CRIVio</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6,3 |
| <i>LICkle</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6,3 |
| <i>CLAdéb</i> | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,5 |
| <i>MACmar</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,1 |
| <i>MACver</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,35 |

Acrônimos - ver tabela de espécies Ausência = 0 Presença= 1

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

A ordem Stemonitales se destacou pela ocorrência em substratos mais ácidos (menores médias de pH). Liceales e Trichiales apresentaram médias de pH muito próximas, entretanto, os representantes da segunda ordem se desenvolveram em meio menos ácido (Figura 20).

Figura 21 – A- Médias de pH do substrato onde ocorreram ordens de mixomicetos corticícolas da Floresta Ombrófila Densa (REBIO de Pedra Talhada) componente do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil. B- Cluster baseado nas médias de pH (Método= Distância euclidiana).



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

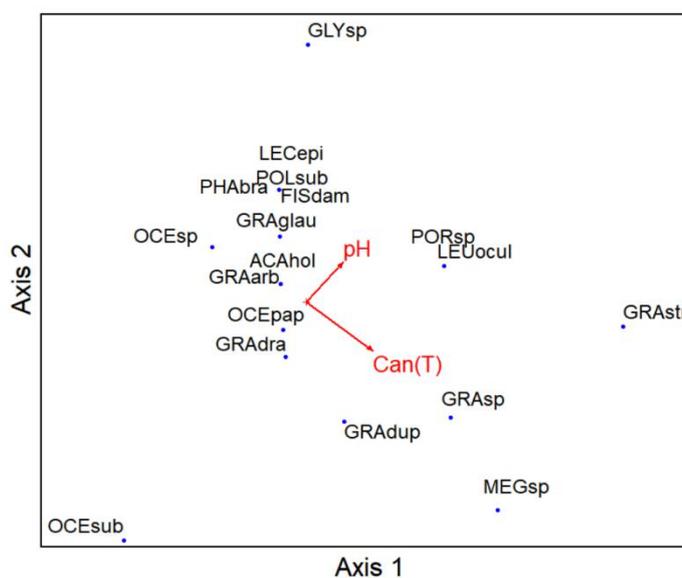
3.3.3.2 Líquens de Floresta Atlântica

A relação entre as variáveis e as espécies de líquens apresentou significância estatística ($p \leq 0,05$). Os autovalores dos dois primeiros eixos foram representativos (AV do eixo 1 = 1,000; AV do eixo 2 = 0,961). Além disso, apresentaram forte correlação de Pearson [$r=1,000$ (eixo 1); $r=0,990$ (eixo 2)]. No eixo 1 (AV = 1,000; média = 0,950; mínimo = 0,790; máximo = 0,999), em que o autovalor foi significativo ($p = 0,0010$), apenas tamanho da copa e pH apresentaram correlação positiva com os eixos.

As espécies que apresentaram correlação com o tamanho da copa foram *Graphis* sp, *G. duplicata* e *Megalotremis* sp., presentes em árvores com copas entre 10 e 13 metros. *Graphis striatulla* foi o táxon com maior correlação com a copa, sendo identificado em forófitas com copas maiores (18 m).

Os líquens *Porina* sp e *L. occultum* apresentaram forte correlação com o pH e ocorreram em árvores de copa média e pH pouco ácido (5,8). Mesmo com score positivo para essa variável, *Glyphis* sp apresentou fraca correlação, sendo identificada em substratos com pH neutro, com média de 7,2 (Figura 21; Tabela 29).

Figura 22 – CCA da distribuição da comunidade de líquens corticícolos crostosos de Floresta Ombrófila Densa (REBIO de Pedra Talhada-AL) componente do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil, em função de variáveis ambientais. Legenda: Can (T) - diâmetro da copa; pH - acidez.



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Tabela 29 – Distribuição de líquens crostosos corticícolas em fragmento de Floresta Ombrófila Densa (REBIO de Pedra Talhada) componente do Centro de Endemismo Pernambuco, em função das classes de acidez do substrato

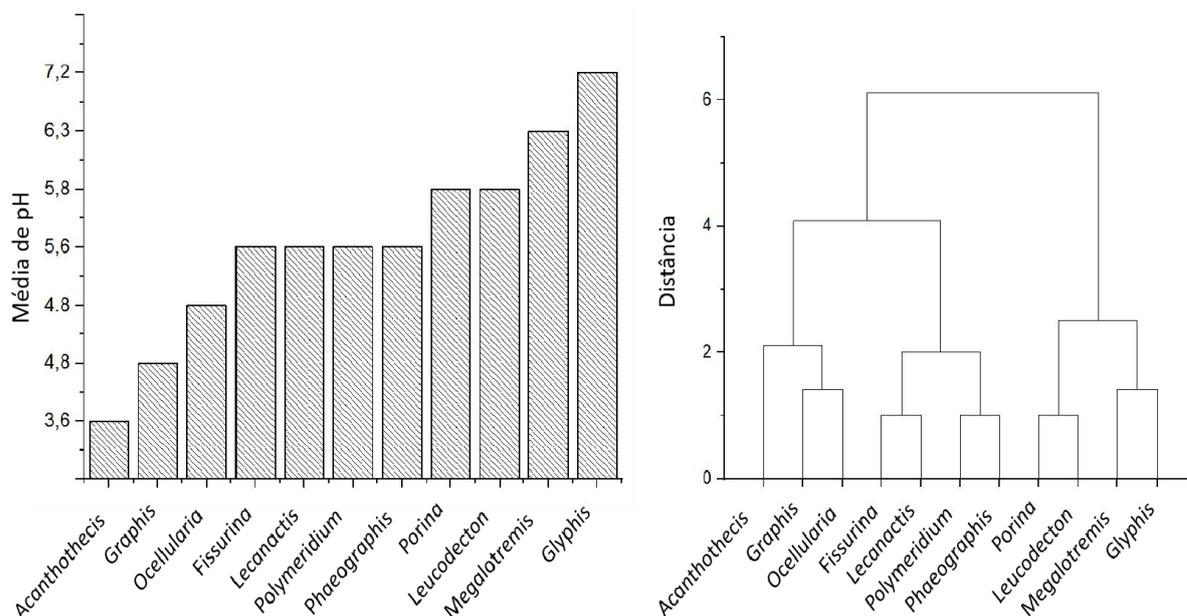
| Espécies | Classes de pH | | | | | | | | pH (Média) |
|----------------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|
| | 3,5–4,0 | 4,0–4,5 | 4,5–5,0 | 5,0–5,5 | 5,5–6,0 | 6,0–6,5 | 6,5–7,0 | 7,0–7,5 | |
| <i>OCEsub</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,3 |
| <i>OCEpap</i> | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4,9 |
| <i>OCEsp</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,4 |
| <i>GLYsp</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7,2 |
| <i>GRAarb</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,6 |
| <i>GRAdup</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,4 |
| <i>GRAglau</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4,6 |
| <i>GRAsp</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,6 |
| <i>GRAdra</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,8 |
| <i>GRAstr</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6,1 |
| <i>PHAbra</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,6 |
| <i>ACAhol</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,6 |
| <i>FISdam</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,6 |
| <i>LEUocul</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,8 |
| <i>MEGsp</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6,3 |
| <i>LECepi</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,6 |
| <i>PORsp</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,8 |
| <i>POLsub</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5,6 |

Acrônimo - ver tabela de espécies Ausência = 0 Presença= 1

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Houve pouca diferença entre ordens ou famílias de líquens em função do pH, mais evidente entre gêneros e significativa para espécies através da CCA ($p \leq 0,05$). É possível observar dois grandes grupos no cluster da Figura 22; no primeiro subgrupo do grupo 1 foram agrupados gêneros cujas espécies se desenvolveram em pH mais ácido (até 4,8); no segundo subgrupo, os gêneros *Fissurina*, *Lecanactis*, *Polymeridium* e *Phaeographis* não apresentaram relevantes diferenças em suas médias de pH. No grupo 2, foram agrupados *Porina* e *Leucodecton* (Porinaceae, Ostropales), cujas espécies se desenvolveram em substratos com pH médio de 5,8, enquanto *Megalotremis* e *Glyphis* (Graphidaceae, Ostropales) representam um grupo com preferência por pH mais elevado (6,3–7,2) (Figura 23).

Figura 23 – A- Médias de pH do substrato onde ocorreram gêneros de líquens corticícolas crostosos em fragmento de Floresta Ombrófila Densa (REBIO de Pedra Talhada) componente do Centro de Endemismo Pernambuco, Nordeste do Brasil. B- Cluster baseado nas médias de pH (Método= Distância euclidiana)



Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.3.2 Influência da distância geográfica na distribuição de líquens e mixomicetos

O teste de Mantel possui como hipótese nula (H_0) ausência de correlação linear entre duas matrizes de distância (Legendre & Legendre 1998). Através do teste foram encontradas

evidências de que a variação da riqueza de líquens e principalmente de mixomicetos nos manguezais de Guadalupe, Cabedelo e Sibaúma, também pode ser explicada pelas diferenças fisionômicas decorrentes da distância geográfica com e sem efeito de controle ambiental ($rM=0,9673$; $p=0,00010$) ($rM=0,9644$; $p=0,00010$) (Tabela 30). Provavelmente, as diferenças entre os graus de conservação dos manguezais estudados tenham contribuído, pelo menos parcialmente, para diferenças na riqueza encontrada nos manguezais, diferença também apontada pela análise de variância.

A ocorrência de líquens e mixomicetos nos diferentes ambientes/substratos está associada à forte influência de fatores microambientais (Marcelli 1987; Liu et al. 2015; Will-Wolf & Lücking 2016). Entretanto, características macroambientais também são determinantes em sua distribuição (Marcelli 1987; Rojas et al. 2011; Singh et al. 2017).

No âmbito da Teoria do Nicho (MacArthur & Levins, 1964) as espécies possuem características próprias que selecionam suas formas de utilização dos recursos. Nesse contexto, filtros abióticos e bióticos atuam na distribuição das espécies. No primeiro, variáveis ambientais como luminosidade e disponibilidade de água, atuam sobre a presença, frequência e abundância das espécies. Os filtros abióticos também são capazes de selecionar diferentes espécies por meio da competição pela disponibilidade de recursos (Novozhilov et al. 2017, Takahashi et al. 2018).

Fatores do macroclima não apresentaram poder explicativo na distribuição dos mixomicetos nas áreas estudadas do CEPE ($rM=0,2921$; $p=0,15000$). Segundo Rojas et al. (2011) características macroecológicas, tais como latitude, temperatura e a estrutura florestal, desempenham um importante papel nos padrões que modulam a composição da mixobiota. Outros estudos, como os de Kilgore et al. (2009) e Snell & Keller (2003), apontam fatores microambientais, tais como pH, umidade e capacidade de retenção de água pelo substrato, como os principais filtros microambientais de influência na ocorrência e distribuição de mixomicetos. Diferente dos mixomicetos, líquens parecem sofrer maior influência de fatores macroambientais para seu crescimento e manutenção (Cáceres et al. 2007, 2008). Segundo Singh et al. (2016), fatores associados ao macroclima também podem influenciar a associação simbiótica, além de padrões de diversidade dos líquens. Climas mais quentes, por exemplo, parecem influenciar maior taxa de especiação e maior número de espécimens, quando comparados a regiões temperadas ou árticas. Os mesmos autores ainda sugerem diferenças mais acentuadas da diversidade de líquens em direção latitudinal e maior especialização em

direção ao Equador, ou seja, espécies tropicais parecem ser mais especializadas do que espécies polares.

A influência da distância geográfica na distribuição dos líquens também foi parâmetro de análise por Cáceres et al. (2017), ao analisarem a liquenobiota de florestas úmidas da Região Nordeste do Brasil. Esses autores concluíram que distâncias geográficas até 50 km não estavam estatisticamente relacionadas às diferenças no conjunto de espécies presentes nas florestas e o efeito foi evidenciado a partir de distâncias geográficas mínimas de 500 km ($r = 0,82$; $p = 0,0001$). A diferença de riqueza apresentada pode estar associada aos diferentes macroclimas encontrados entre áreas ao norte (mais quentes) e ao sul (mais frias) da região nordeste (Cáceres et al. 2017). Em suma, fatores macro e microecológicos estabelecem interconexões entre si, atuando como filtros de seleção para os organismos em condições e escalas diferentes. Nesse contexto, luminosidade, clima e pH do substrato, dentre outros, funcionam como fatores limitantes e de seleção para espécies de líquens e mixomicetos (Kent 2005; Potter et al. 2013).

Tabela 30 – Teste de Mantel entre matrizes de distância de líquens e mixomicetos em função das características ambientais e posição geográfica nos ambientes estudados do CEPE.

| Distância | Correlação rM | p |
|--|----------------------|----------|
| Mixomicetos vs ambiente | 0,9673 | 0,00010 |
| Mixomicetos vs posição geográfica (Controlando o efeito do ambiente) | 0,9644 | 0,00010 |
| Líquens vs ambiente | 0,3780 | 0,13240 |
| Líquens vs posição geográfica (Controlando o efeito da matriz ambiente) | 0,9644 | 0,00010 |

Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.4 COOCORRÊNCIA ENTRE LIQUENS E MIXOMICETOS CORTICÍCOLAS EM ÁREAS DE FLORESTA ATLÂNTICA E ECOSSISTEMAS ASSOCIADOS DO CENTRO DE ENDEMISMO PERNAMBUCO

Alguns autores relatam associações entre mixomicetos e outros organismos, a maioria referente à presença de insetos sobre esporângios e plasmódios, com interações relacionadas ao local de postura, alimentação e agente de dispersão dos esporos (Apêndice A). Kirschner et al. (2017), por exemplo, relataram a associação de *Fuligo candida* Pers. [= *F. aurea* (Penz.) Y. Yamam.] com dípteros da família Cecidomyiidae e comentam que espécies de outras famílias (Anthomyiidae, Lonchaeidae, Mycetophilidae, Sciaridae e Sphaeroceridae) da mesma ordem já foram encontradas associadas a plasmódios ou esporângios de *F. septica* (L.) F.H. Wigg. Espécies dos gêneros *Mycetophila* Meigen e *Platurocypta* Enderlein (Mycetophilidae) parecem apresentar associação específica com mixomicetos, enquanto que Anthomyiidae, Drosophilidae, Empididae, Lonchaeidae, Scatophagidae, Sciaridae, Sepsidae e Sphaeroceridae parecem ser ocasionais. Em ambientes de Floresta úmida do Brasil, Lemos et al. (2010) registraram espécies de mixomicetos da ordem Trichiales (*Arcyria cinerea* (Bull.) Pers., *A. denudata* (L.) Wettst., *Hemitrichia calyculata* (Speg.) M.L. Farr, *H. serpula* (Scop.) Rostaf. ex Lister) e Liceales (*Lycogala epidendrum* (L.) Fr., *Tubifera microsperma* (Berk. & M.A. Curtis) G.W. Martin) coexistindo com cerca de 86% de coleópteros (*Baeocera* sp., Staphylinidae).

Algumas espécies de mixomicetos esporulam comumente sobre basidiomas, e fungos mixomicetícolas utilizam esporocarpos de mixomicetos para desenvolvimento e esporulação (Ing, 1994). Embora estes organismos coexistam na natureza, utilizando o mesmo substrato, as relações entre eles são ainda pouco conhecidas (Dudka & Romanenko, 2006). No Brasil, em fragmento de Floresta Atlântica (Sul da Bahia) também foram estudadas as relações de coocorrência entre mixomicetos lignícolas e macrofungos. Foi identificada a coocorrência entre 77% das espécies dos mixomicetos com 86% de fungos lignocelulolíticos afiloforóides inventariados na mesma ocasião (Powell 2013).

Padrões de coocorrência entre mixomicetos, bactérias e fungos foram estudados por Dahl et al (2018), que referem baixa correlação ($p < 0,001$) da comunidade de mixomicetos com comunidades de fungos (Mantel= 0,17) e bactérias (Mantel= 0,20). Entretanto, a diversidade alfa de mixomicetos apresentou forte correlação com a diversidade alfa de bactérias e fungos (Pearson's $R^2 = 0,51$, $p = 0,002$; $R^2 = 0,58$ respectivamente). Nesse mesmo trabalho, *Collaria arcyrioides* e *Meriderma carestiae*, mais frequentes (32 e 34 de 39

amostras, respectivamente) e abundantes (5,9% e 8,8%), apresentaram interações positivas, bióticas e abióticas, com espécies de Proteobacteria, Acidobacteria e Bacillales e um Ascomycete não identificado. Interações negativas foram observadas com quatro espécies de ascomicetos não identificados, pertencentes às Mortierellaceae e Xylariales e três bactérias pertencentes a Chitinophagaceae, Rhizobiales e Spartobacteria (Dahl et al. 2019).

Pesquisas apontam que cerca de 100 espécies de musgos e hepáticas são encontradas coexistindo com mixomicetos. Dudka & Romanenko (2006) consideram que, mesmo que algumas espécies, como *Barbeyella minutissima* Meylan, *Colloderma oculatum* (Lipp.) G. Lister e *Lepidoderma tigrinum* (Schr.) Rostaf., sejam reconhecidamente muscícolas, a associação entre musgos e mixomicetos corticícolas parece ser acidental, pois ocupam e compartilham os mesmos recursos oferecidos pelas árvores vivas. Contudo, a frequência, seleção e abundância das espécies de mixomicetos podem sofrer interferência direta das alterações de pH, retenção de água e detritos do ambiente decorrentes da presença de líquens, briófitas, musgos, macrofungos e de algumas angiospermas encontradas no micro-ambiente.

Mixomicetos e líquens são frequentemente encontrados em um mesmo tronco, vivo ou em decomposição, porém as relações ecológicas entre esses dois grupos de organismos têm sido pouco investigadas. Algumas pesquisas relatam a coexistência de líquens e mixomicetos (Apêndice A) entretanto, apenas Anderson (2014) e Bock & Anderson (2015) retratam relações mais aprofundadas entre esses organismos. Na primeira pesquisa Anderson (2014) encontrou que cerca de 80% dos líquens foliícolas coletados na Florida e no Alasca (*Physcia* sp, *Flavoparmelia* sp, *Evernia* sp, *Parmelia* sp) co-ocorriam com plasmódios de mixomicetos. Na pesquisa de Bock & Anderson (2015) foram identificadas nos lóbulos externos do talo de espécies de *Flavoparmelia* quantidade considerável (Média±desvio padrão= 1127±200) de amebas lobadas e de mixomicetos. Por serem mais esponjosas, as porções mais externas do talo fornecem um microambiente mais favorável à absorção de água, retenção de detritos e bactérias, fungos, etc., nutricionalmente importantes para os mixomicetos. Em ambos os trabalhos os autores concluem que os líquens atuam como refúgios para diversas populações de micróbios, que de outra forma, estariam em condições limitadas de recursos nutritivos em ambientes restritivos ou mesmo na superfície das árvores.

Pesquisas realizadas em vegetação de campo aberto no Cazaquistão apontaram a sobreposição entre pares de proto e afanoplasmódio (cinco pares) ($p \leq 0,05$). Espécies que formam faneroplasmódios parecem se evitar, ocorrendo sozinhas em substrato de uma mesma câmara-úmida. Entretanto, além de proto e afanoplasmódios também foram encontrados dois pares de provinentes de faneroplasmódio (Schnittler 2001). Espécies como *Physarum*

notabile, *Didymium anellus* e *D. difforme* (faneroplasmódio) parecem apresentar comportamento de competição. Quando apenas o faneroplasmódio estava presente na câmara-úmida, *P. notabile* produziu 148 ± 29 esporângios (67 amostras) e quando encontrada em conjunto com o faneroplasmódio de *D. anellus* produziu 94 ± 23 esporângios (15 amostras). *Didymium anellus* apresentou comportamento semelhante, e o faneroplasmódio originou 53 ± 16 esporocarpos (10 amostras) quando sozinho e 20 ± 9 esporocarpos (15 amostras) que compartilhou a câmara-úmida com *P. notabile* ($p < 0,01$). Comportamento como esse (diminuição de esporângios) não foi observado em câmaras úmidas com a presença de *Didymium difforme*, pois essa espécie apresenta desenvolvimento muito mais lento que *P. notabile* ou *D. anellus* e, com isso, diminui processos de competição (Schnittler 2001). No presente trabalho observou-se uma tendência, nos três ambientes (manguezal, restinga e floresta ombrófila) para maior produção de esporângios por *C. confusa* e *C. violacea* com espécies de líquens de restinga e manguezal e *O. flavidum* com as espécies de líquens do manguezal de Cabedelo.

O modelo mais adequado para análises de coocorrência nos ambientes estudados foi o de *linhas equiprováveis vs colunas fixas*, ou seja, espécies que são representadas por linhas são consideradas equiprováveis e com iguais chances de ocorrência, independente de serem raras ou abundantes. As colunas fixas referem-se aos troncos. Com isso, no manguezal de Guadalupe foi constatado, por intermédio de análises de médias de *C-score*, que o índice observado (14,97692) se apresentou consideravelmente menor que a média produzida do índice simulado (modelo nulo) ($24,84302 \pm 0,17$). A significância estatística observada foi menor que a simulada ($P_o < P_s$) e indica que houve coocorrência entre os organismos estudados ($p \leq 0,05$). No manguezal de Cabedelo, o $P_o < P_s$, ou seja, o índice observado foi de 20,41212 e o índice simulado $29,58659$ ($SD \pm 0,18$). No manguezal de Sibaúma, o índice observado (7,35294) também foi consideravelmente menor que o índice simulado ($12,14066 \pm 0,28$). Em ambos os manguezais, houve coocorrência entre líquens e mixomicetos corticícolos ($P \leq 0,05$).

No manguezal de Guadalupe, *P. ochraceoflava*, seguida por *L. helva* e *H. bahiana*, foram as espécies de líquens que mais coocorreram em número e valores de *pairwise* (*pw*) com espécies de mixomicetos. Considerando esses grupos temos *C. confusa* vs *P. ochraceoflava* (*pw*= 200), *L. testudinacea* vs *P. ochraceoflava* (*pw*= 125); *C. confusa* vs *L. helva* (*pw*= 231), *L. testudinacea* vs *L. helva* (*pw*= 160); *C. confusa* vs *H. bahiana* (*Pair-wise*= 156), *L. testudinacea* vs *H. bahiana* (*Pair-wise*= 90).

No manguezal de Cabedelo, os táxons de líquens que mais coocorreram com espécies de mixomicetos foram, nesta ordem, *L. occultum*, *P. flavens* e *L. helva*. As espécies de mixomicetos que apresentaram os maiores *pair-wise* com *L. occultum* foram *O. flavidum* ($pw= 504$), *P. stellatum* ($pw= 468$), *C. confusa* ($pw= 225$) e *C. debaryanum* ($pw= 184$); com a espécie de líquen *P. flavens* os mixomicetos que mais coocorreram foram *P. stellatum* ($pw= 342$), *O. flavidum* ($pw= 285$) e *C. debaryanum* ($pw= 161$); o táxon *L. helva* apresentou valores de pareamento mais expressivos com *O. flavidum* ($pw= 276$), *P. stellatum* ($pw= 216$) e *C. confusa* ($pw= 170$).

Em Sibaúma, *C. confusa* vs *G.furcata* ($pw= 84$), *C.debaryanum* vs *L. helva* ($pw=57$), *C. confusa* vs *L. helva* ($pw=40$), *P. corticalis* vs *G. supracola* ($pw=60$) e *C. confusa* vs *P. ochraceoflava* ($pw=48$) foram as que mais coocorreram.

A exemplo dos mixomicetos, são poucos os trabalhos sobre coocorrência em líquens, no mundo. Rosabal et al. (2014) testaram padrões de coocorrência entre líquens e as forófitas *Gomidesia lindeniana* Berg., *Coccoloba wrightii* Meisn., *Clusia tetrastigma* Vesque., *Dendropanax arboreus* (DC.) Decne. & Planch. e *Brunellia comocladifolia* Humb. & Bonpl., em ambiente de floresta montana úmida. Dentre essas espécies, apenas *G. lindeniana* e *C. wrightii* apresentaram índices de *C-score* estatisticamente significantes, indicando que a coocorrência de líquens nessas forófitas não é aleatória. Ainda segundo esses autores, as espécies de líquens coocorreram menos que o esperado, mesmo que os padrões de coocorrência não tenham sido similares para todas as espécies.

Muitos autores, quando constatarem evidências de coocorrência, relacionam esses achados a relações de competição, principalmente quando os organismos envolvidos são de comunidades diferentes ou de uma mesma população (Darryl et al. 2004, Hannah & Brandon 2019). Líquens e mixomicetos são organismos cujos requerimentos nutricionais e de crescimento são bastante diferentes (Gray & Alexopoulos 1968, Purvis 2000, Honegger 2009, Qi Wang et al. 2017). As evidências de coocorrência obtidas neste trabalho foram entendidas como decorrentes de ofertas de microambientes oferecidos pelos líquens aos mixomicetos, que podem permanecer sob forma de mixoamebas/mixoflagelados ou esporular sobre o talo dos líquens ou muito próximo a eles. Os recursos oferecidos pelos líquens contemplam desde a variedade morfológica apresentada pelos talos (que contribuem para o abrigo de plasmódios, mixoamebas/mixoflagelados), até a produção de certos tipos de ácidos que selecionam diferentes comunidades de bactérias, fungos, pequenas algas e protistas heterotróficos

nutricionalmente importantes para os mixomicetos (Ing 1983, 1994, Schnittler & Novozhilov 1998, Anderson 2014).

Mixoamebas e mixoflagelados são microscópicos (ca. 10 µm) e, no caso dos plasmódios, os protoplasmódios são também muito pequenos, atingindo no máximo alguns milímetros (Keller et al. 2017). Independente do tamanho que apresentam, os talos dos líquens são importantes microhabitats para abrigo e crescimento dos mixomicetos. Devido as suas peculiaridades esses organismos utilizam diferentes estratégias para crescimento e desenvolvimento e, desse modo, a presença do talo líquênico na casca de árvores vivas pode interferir de forma negativa ou positiva, principalmente na frequência, abundância e distribuição das espécies de mixomicetos. Essa dinâmica na comunidade é decorrente das alterações que os líquens provocam no substrato, tais como acidez, aumento de umidade e retenção de detritos orgânicos (Anderson 2014, Bock & Anderson 2015). Dentro desse contexto, alguns mixomicetos já foram encontrados coexistindo sobre talos de líquens, tais como, *Paradiacheopsis fimbriata* (G. Lister & Cran) Hertel ex Nann.-Bremek., sobre *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Diacheopsis insessa* [G. Lister) B. Ing., sobre espécies de *Physcia* e *Parmelia*. Ainda segundo Ing (1994), *Licea inconspicua* Brooks & Keller parece ser restrita a líquens epifíticos, ocorrendo principalmente na América do Norte e Europa. Relatos também apontam que em troncos mortos, *Badhamia viridescens* Meylan ocorre frequentemente sobre *Cladonia coniocraea* (Florke) Spreng (Ing 1994). *Lepidoderma tigrinum* (Schrad.) Rostaf. é frequentemente encontrada associada às hepáticas *Anastrophyllum michauxii* (F. Weber) H. Buch ex A. Evans., *Nowellia curvifolia* (Dicks.) Mitt. e *Lepidozia reptans* (L.) Dumort.; *Diderma chondrioderma* também se destaca por ser comumente associada a musgos, a exemplo de *Hypnum andoi* AJE Sm [syn.=*Hypnum mammillatum* (Brid.) Loeske LC.](Glime 2019).

Pesquisas esporádicas no mundo já relataram a presença de mixomicetos em associação com algas e briófitas (Kukwa 2005, Schnittler et al. 2010, Edinger 2013). Schnittler et al (2010), por exemplo, encontraram muitas espécies de mixomicetos associadas à alga verde *Coccomyxa confluens* (Kütz.) Fott s.l., e às briófitas *Mylia taylorii* (64%), *Dicranodontium denudatum* (59%), *Tetraphis pellucida* (50%) e *Diplophyllum albicans* (40%). Na tentativa de investigar a associação entre líquens e protistas ameboides incluindo os mixomicetos, Bock & Anderson (2015) coletaram líquens foliosos do gênero *Flavoparmelia* Hale sobre rochas e árvores de um Campus de observação em Nova York (USA). Os autores investigaram três segmentos do lóbulo radial dos líquens, considerando-se uma porção interna, uma

intermediária com comunicação entre a porção mais interna e a periferia e uma porção mais externa e mais espessa. Constataram que a porção mais externa registrou a maior quantidade de mixomicetos e espécies de amebas lobadas, tanto em talos úmidos (272 ± 48 ; 151 ± 81) quanto em secos (1127 ± 200 ; 625 ± 335). Segundo os autores a porção mais externa torna-se mais espessa e esponjosa com a idade do talo, o que favorece uma maior absorção de água quando comparada às porções mais internas. Isso certamente propicia um gradiente microecológico que interfere na composição e disposição das comunidades microbianas nos respectivos segmentos.

Nos manguezais estudados do Centro de Endemismo Pernambuco, os mixomicetos *O. flavidum*, *C. confusa* e os líquens *L. helva* e *P. ochraceoflava* foram as espécies que mais coocorreram. Entende-se que nas cascas de forófitas de manguezais e restingas, onde há uma maior exposição à luz, altas temperaturas e salinidade, os líquens funcionam como refúgio para os mixomicetos atuando, por exemplo, como áreas para abrigo, regulação de temperatura ou até mesmo como pontos para busca de recursos nutricionais, tendo em vista que seus talos são comparados à rizosfera ou a “hot-spots”, devido sua alta concentração microbiana (Cardinale et al. 2012).

Powell (2013) retratou a coocorrência entre mixomicetos e fungos lignocelulolíticos afiloforoides em ambiente de Floresta Atlântica no Brasil, utilizando três modelos de coocorrência em suas análises: linhas e colunas fixas, linhas fixas e colunas equiprováveis, linhas equiprováveis e colunas fixas. Nos dois primeiros modelos, as espécies coocorreram, no terceiro, o índice observado (5,57942) foi menor do que o esperado ao acaso (7,69972), porém não houve significância (0,07895). Além disso, o desvio padrão (-7,54621) foi 14 vezes menor que a média simulada. Ou seja, é provável que tenha havido perda de resolução na análise e que este resultado deve ser considerado com cuidado. Nesse trabalho o autor encontrou 77% dos mixomicetos em coocorrência com 86% dos basidiomas.

A coocorrência total entre líquens e mixomicetos nos manguezais estudados do CEPE foi de 73,91%. Na restinga, esse percentual foi aproximadamente 10% maior que o total de coocorrência presente nos manguezais (83,60%). A coocorrência na restinga de Cabadelo foi significativa ($p\leq 0,05$) porém a relação entre os índices observados e simulados nas restingas de Guadalupe e Sibaúma ($12,33798$) e ($12,87118\pm 0,26$); ($4,74283$) e ($5,23053\pm 0,14$) respectivamente, não apresentam bom suporte estatístico, embora em ambos os casos o índice observado tenha sido menor que o simulado. Esses valores devem ser considerados com

muito cuidado para que não se incorra no erro tipo II (aceitar a hipótese nula quando ela é falsa), pois embora não tenham sido significantes ao nível de 5% muitas espécies de líquens e mixomicetos coocorreram entre si. Vale salientar que, na restinga de Guadalupe, 59,25% das espécies de líquens coocorreram com mixomicetos; em Sibaúma, 67,74% dos líquens foram observados em coocorrência com mixomicetos (Tabela 31) (Figura 23). Merecem destaque as associações *A. cinerea* vs *G. catasema* ($pw=77$), *C. confusa* vs *A. complanata* ($pw=96$), *C. confusa* vs *C. alborosella* ($pw=85$) na restinga de Guadalupe. Na restinga de Sibaúma, *C. violacea* apresentou os maiores índices de coocorrência com os líquens *P. pinicola* ($pw=72$), *P. mulifera* ($pw=63$) e *B. russeola* ($pw=50$) (Figura 24). Na restinga de Cabedelo, onde a coocorrência apresentou significância estatística ($p=0,0100$), esporularam apenas 14 espécies de mixomicetos e espécies de líquen pertencentes aos gêneros *Porina* e *Opegrapha*. Entretanto, cabe salientar que a maioria das espécies de líquens, em especial do gênero *Opegrapha*, coocorreram principalmente com *C. violacea*, o que equivale a 16% dos mixomicetos identificados.

Em todas as áreas do manguezal foram verificados índices observados menores que os índices simulados. No manguezal de Guadalupe, o índice observado (14,97692) foi quase que 50% menor que o estimado ($24,84302 \pm 0,17$); nos manguezais de Cabedelo e Sibaúma, os índices estimados apresentaram valores mais próximos aos índices observados ($20,41212$) e ($29,58659 \pm 0,18$); ($7,35294$) e ($12,14066 \pm 0,28$), respectivamente. Nessas áreas, a coocorrência apresentou bom suporte estatístico ($\leq 0,05$) e junto aos índices observado e simulado apontam para uma relação estável de coexistência (Tabela 31) (Figura 23).

Não houve evidências estatísticas ($p \geq 0,05$) de coocorrência em floresta ombrófila, a exemplo do que foi observado em alguns ambientes de restinga. Apesar disso, merecem destaque *O. submarginata* vs *P. chrysosperma* ($pw=28$), *L. occultum* vs *P. chrysosperma* ($pw=42$), *A. hololeuroides* vs *P. chrysosperma* ($pw=39$), *G. glaucens* vs *L. kleistobolus* ($pw=28$), *G. duplicata* vs *C. confusa* ($pw=70$), por apresentarem os maiores índices de *pairwise* (Figura 24).

A coocorrência faz parte do processo de interação entre organismos porém os mixomicetos não dependem dos líquens para sua sobrevivência ou ocupação de um microhabitat, embora a presença deles pode compor mais um microambiente, oferecendo abrigo e nutrição. Alguns fatores devem ser considerados nas análises de coocorrência, tais como as questões ambientais e microambientais que estão intimamente relacionadas à

ocorrência das espécies. Outra questão é que líquens são mais estáveis e normalmente antecedem os mixomicetos na ocupação de um espaço. Nesse caso, a coocorrência pode ser permanente ou não, ou seja, os mixomicetos podem perdurar por todo seu ciclo de vida (esporo a esporo) em contato com o líquen sob ou sobre seus talos apenas na forma de mixoamebas ou plasmódios (coocorrência direta). Por outro lado, podem utilizá-los como suporte para esporulação ou mesmo sem contato direto, mas ocupando um mesmo microhabitat, utilizar os benefícios que os líquens trazem por meio do preparo do ambiente (coocorrência indireta). Nesse viés, independentemente da forma como esses dois organismos interajam (direta ou indireta), os líquens podem preparar um ambiente mais propício (por meio da ação de ácidos liquênicos) para o desenvolvimento dos mixomicetos.

Desse modo, o presente estudo contribuiu de forma significativa abordando a coocorrência sob os aspectos da ecologia funcional e descritiva. Espera-se que surjam estudos complementares que informem, de forma mais específica, outras razões que levaram (evolutivamente) e ainda contribuem para os padrões de coocorrência entre líquens e mixomicetos.

Tabela 31 – Análise de Checkerboard/Índice C-score entre espécies de líquens e mixomicetos corticícolas em ambientes de manguezal, restinga e floresta ombrófila do Centro de Endemismo Pernambuco.

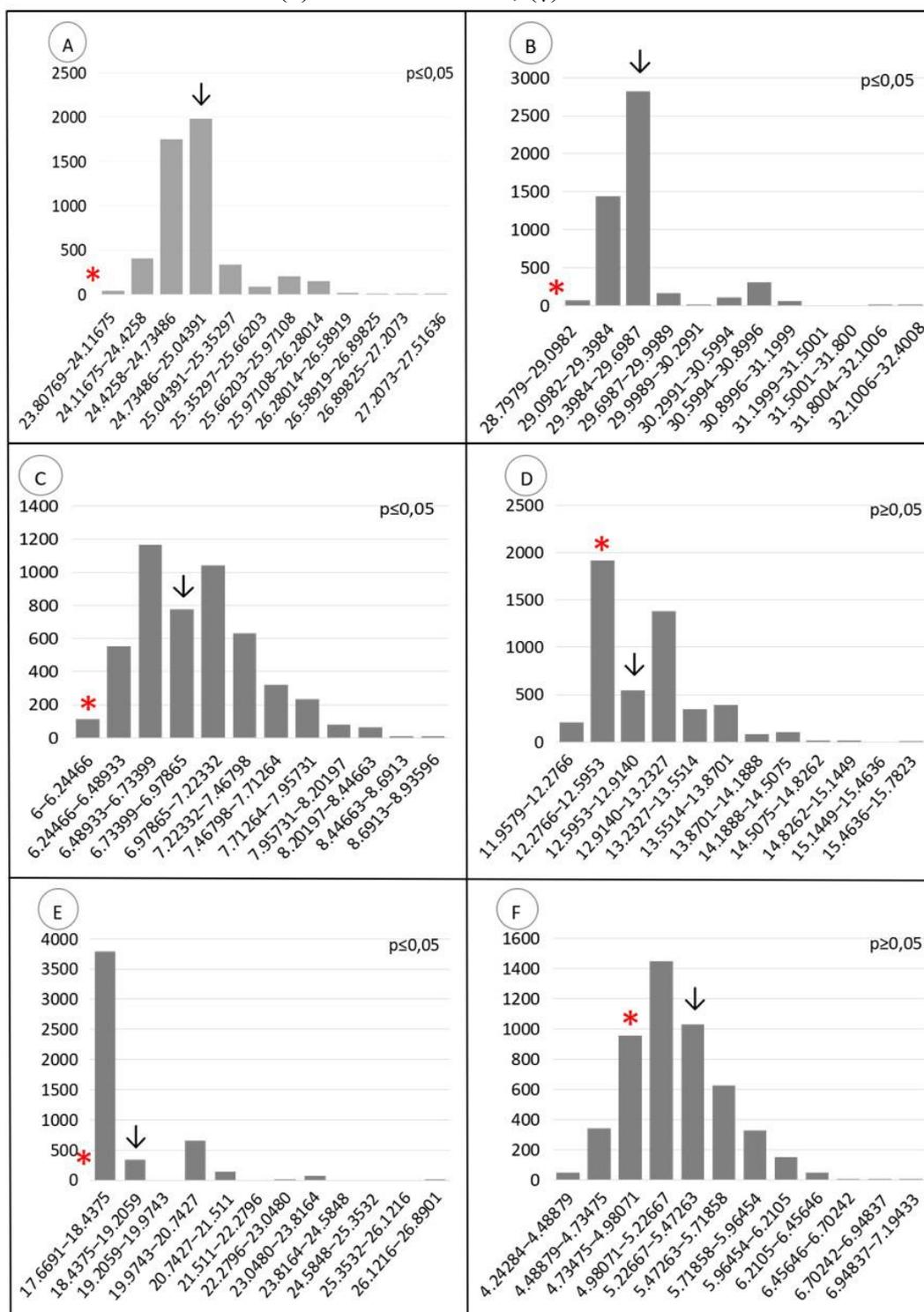
| Área | Modelo Linhas equiprováveis vs colunas fixas |
|---------------------------------|---|
| *Manguezal | |
| Índice observado | 14,97692 |
| Média dos índices simulados | 24,84302 |
| Variância dos índices simulados | 0,17802 |
| Efeito padronizado | -23,38370 |
| P_o vs P_s | $P_o < P_s$ |
| Significância (p) | 0,00000 |
| ** Manguezal | |
| Índice observado | 20,41212 |

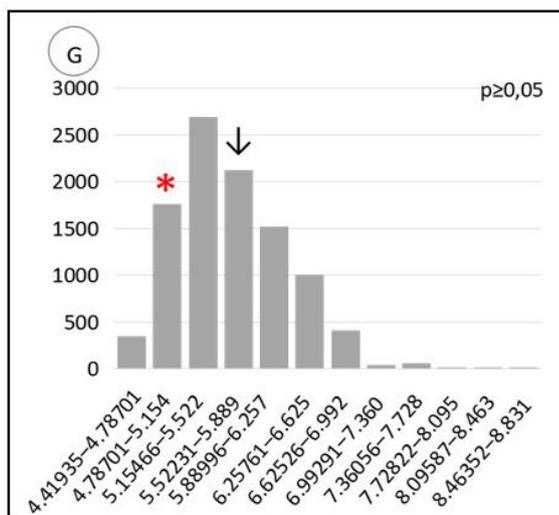
| | |
|---------------------------------|-------------|
| Média dos índices simulados | 29,58659 |
| Variância dos índices simulados | 0,18605 |
| Efeito padronizado | -21,26965 |
| P_o vs P_s | $P_o < P_s$ |
| Significância (p) | 0,00000 |
| ***Manguezal | |
| Índice observado | 7,35294 |
| Média dos índices simulados | 12,14066 |
| Variância dos índices simulados | 0,28699 |
| Efeito padronizado | -8,93715 |
| P_o vs P_s | $P_o < P_s$ |
| Significância (p) | 0,00000 |
| *Restinga | |
| Índice observado | 12,33798 |
| Média dos índices simulados | 12,87118 |
| Variância dos índices simulados | 0,26695 |
| Efeito padronizado | 0,00000 |
| P_o vs P_s | $P_o < P_s$ |
| Significância (p) | 0,09700 |
| **Restinga | |
| Índice observado | 11,09559 |
| Média dos índices simulados | 18,74345 |
| Variância dos índices simulados | 1,07359 |
| Efeito padronizado | -7,38109 |
| P_o vs P_s | $P_o < P_s$ |
| Significância (p) | 0,0100 |
| ***Restinga | |
| Índice observado | 4,74283 |
| Média dos índices simulados | 5,23053 |
| Variância dos índices simulados | 0,14855 |
| Efeito padronizado | -1,26536 |
| P_o vs P_s | $P_o < P_s$ |

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Significância (p) | 0,08200 |
| Floresta Ombrófila | |
| Índice observado | 4,94089 |
| Média dos índices simulados | 5,61505 |
| Variância dos índices simulados | 0,32648 |
| Variância dos índices simulados | 0,12300 |
| Efeito padronizado | 0,87700 |
| P_o vs P_s | $P_o < P_s$ |
| Significância (p) | 0,12300 |

Ambientes: * APA de Guadalupe (PE), ** FLONA de Cabedelo (PB), *** Parque Estadual Mata da Pipa (RN). P_o vs P_s : relação entre as significâncias observada (P_o) e simulada (P_s).

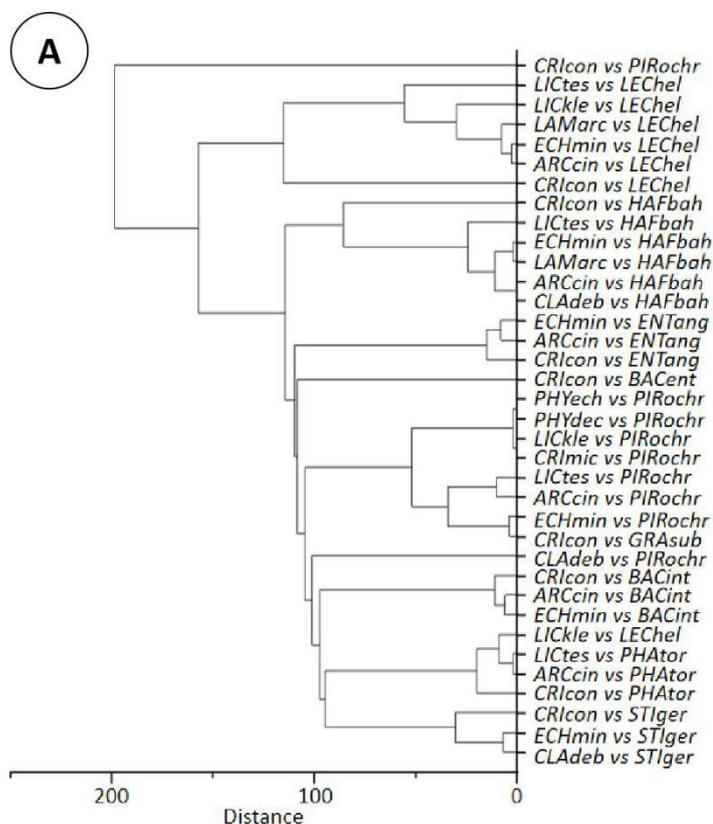
Figura 24 – Simulação das frequências (eixo Y) vs simulação de médias (eixo X) de C-scores e variâncias obtidos de 10,000 randomizações. A-C: Manguezal; D-F: Restinga; G: Floresta Ombrófila Densa. (*) Índice observado; (↓) média de índices simulados

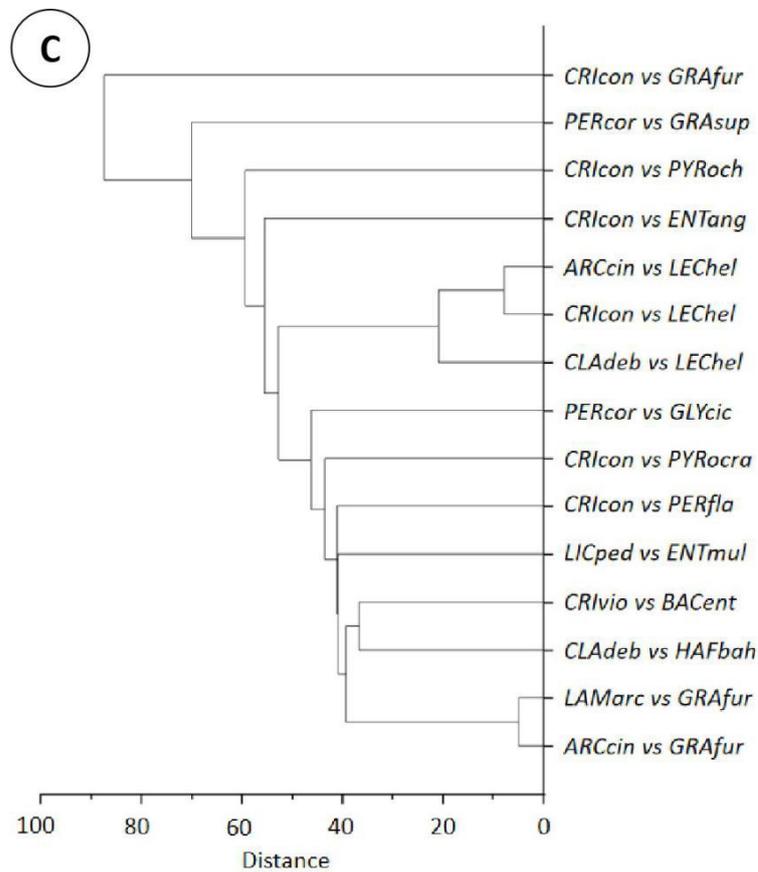
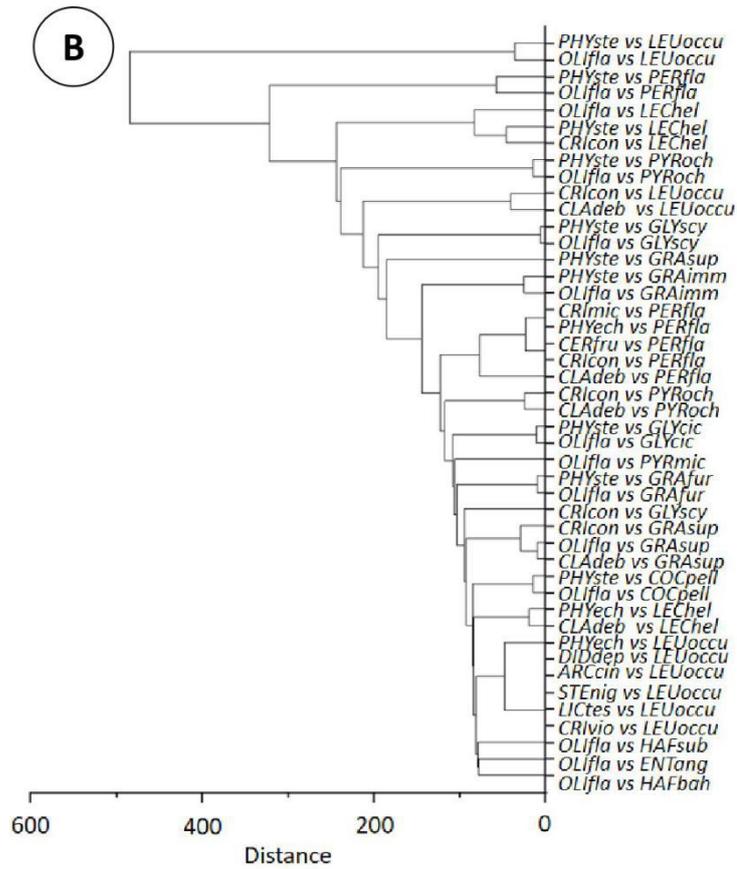


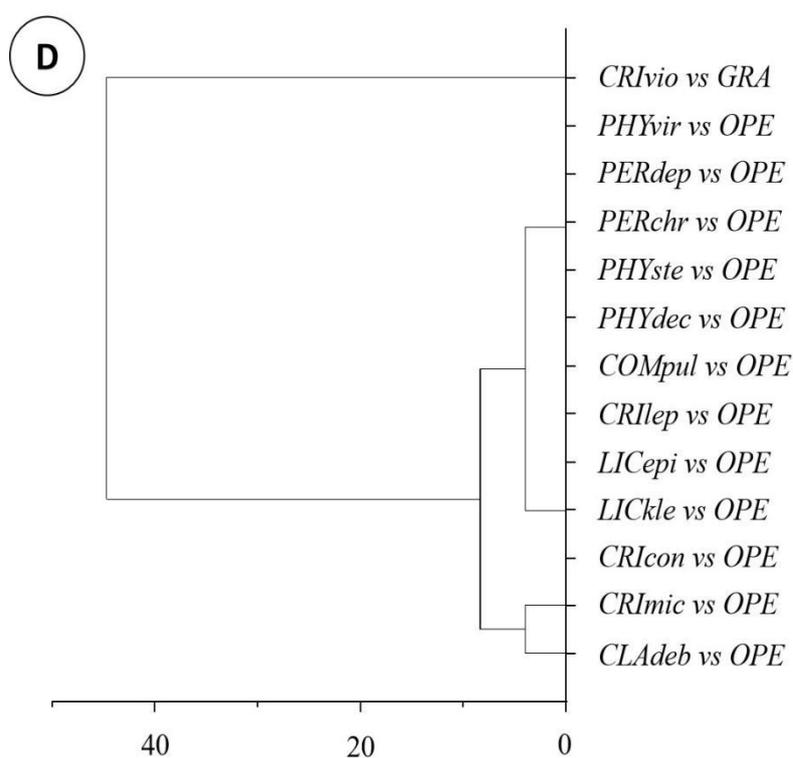


Fonte: Barbosa, D.I (2021).

Figura 25 – Cluster com espécies de líquens e mixomicetos corticícolas com os maiores scores (pairwise) de coocorrência. Manguezais: A- APA de Guadalupe (PE); B- FLONA de Cabedelo (PB); C- Mata da Pipa, Sibaúma (RN). Restinga: D- FLONA de Cabedelo (PB). (Distância de Bray-Curtis)







Fonte: Barbosa, D.I (2021).

3.5 INFLUÊNCIA DOS PRINCIPAIS FATORES AMBIENTAIS NA LIQUENOBIOTA E MIXOBIOTA

3.5.1 Abertura de dossel

Comunidades de mesmo hábito presentes em um mesmo microhabitat podem desenvolver padrões de resposta similares em função dos mesmos fatores de influência (Dahl et al. 2019). Nos manguezais, restingas e fragmento de floresta ombrófila estudados, líquens e mixomicetos apresentaram comportamentos semelhantes em função das variáveis analisadas. Situações como essas são fáceis de compreender porque, além de apresentarem o mesmo hábito, tais organismos são frequentemente encontrados coocorrendo em um mesmo microhabitat (Stephenson & Laursen, 1993; Schnittler et al. 2017; Winsett et al. 2017).

Considerando a forófito como um ambiente altamente propício para líquens e mixomicetos, constatou-se que o tamanho da copa e a abertura de dossel são os fatores mais importantes na distribuição das comunidades desses organismos. Nas restingas e, principalmente, na floresta ombrófila, as copas são maiores que no manguezal. Isso também

se aplica à abertura de dossel. Nem sempre tamanho da copa e abertura do dossel possuem correlação positiva entre si. Em certas ocasiões, copas mais extensas apresentam escassez de folhas, por estarem em período de floração, ou em ambientes com escassez de água ou por desequilíbrio de algum componente do solo. Na maioria das vezes, forófitas que possuem copas maiores apresentam menor abertura de dossel, principalmente em floresta ombrófila, onde as árvores são mais próximas e as copas estão superpostas. Embora o tamanho da copa, em alguns casos, não estabeleça relação direta com a abertura de dossel, na maioria das situações esses fatores estão diretamente relacionados.

Também é importante salientar que em áreas mais abertas, como nos manguezais e, principalmente, nas restingas, onde as forófitas estão mais distantes entre si, a luz que incide sobre a copa e que passa entre as folhagens é menor em intensidade nas partes mais baixas dos fustes (Bonnet, 2007). Em florestas onde a abertura de dossel normalmente é menor, a intensidade da luz nos troncos aumenta com a altura, ou seja, quanto mais próximo à copa maior a intensidade de luz (Kersten, 2010). Além disso, em escalas menores e mais específicas, a luminosidade possibilitada pela abertura de dossel pode variar dependendo da morfologia da casca, em cascas lisas a luz incidente se espalha de forma mais uniforme, em cascas fissuradas tem-se mais intensidade luminosa em algumas áreas que em outras. Isso possibilita diferentes ofertas para crescimento e ocupação por líquens e mixomicetos (Barkman, 1958; Lara & Mazimpaka, 1998). Com isso, pode-se concluir que o tamanho da copa influencia diretamente na abertura de dossel que, por sua vez, influencia na quantidade e intensidade de luz incidente nos troncos. Talvez essa tenha sido a razão pela qual em ambientes de manguezal, restinga e floresta o tamanho da copa tenha se destacado como um dos fatores de maior importância na variação das comunidades de líquens e mixomicetos.

Na América Central (Cerro Bellavista, Costa Rica), em ambientes de floresta de carvalhos, Rojas & Stephenson (2007) analisaram, dentre outras variáveis, a influência da abertura de dossel sobre a composição de mixomicetos em duas estações climáticas (seca e chuvosa). A abertura do dossel apresentou diferenças significativas entre as estações. É provável que mudanças em suas folhagens (fenológicas) tenham influenciado nessas diferenças, entretanto não foram expressivas ao ponto de influenciar a composição dos mixomicetos. Variáveis como pH e altura acima do solo explicaram melhor a variação dos mixomicetos nas diferentes estações. Mesmo não tendo demonstrado significância expressiva sobre os mixomicetos, as variações que ocorrem na copa das árvores influenciam diretamente

na quantidade de água que escorre sobre os fustes e chega ao solo influenciando nas variações da umidade do substrato e pH das cascas em estratos inferiores (Rojas & Stephenson 2007).

Abertura de dossel possui íntima relação com a luz que passa por entre as folhas da copa. A luz apresenta influência direta no desenvolvimento do plasmódio e na produção de esporocarpos (Walker et al. 2017). Segundo Kakiuchi et al. (2001) os comprimentos de onda correspondentes ao azul e vermelho são responsáveis pela divisão do plasmódio pigmentados e posterior formação dos esporângios e esporos.

A floresta ombrófila estudada no CEPE apresentou, como previsto, forófitas com copas maiores e menor abertura de dossel quando comparada à restinga e manguezal. Apesar disso, apresentou diversidade de espécies ($S/G=2,12$) semelhante à da restinga ($S/G= 2,12$) e manguezal ($S/G=2,66$).

Copas densas de florestas tropicais diminuem a passagem de luz (Kitajima et al. 2005). A temperatura elevada, aliada à grande quantidade de chuvas, favorece o crescimento de grande quantidade de musgos e hepáticas. Esses organismos são importantes na retenção de nutrientes para os mixomicetos, mas em excesso, principalmente quando ocupam grandes partes do tronco, são prejudiciais e têm sido apontados como uma das causas para a baixa abundância e diversidade de mixomicetos nos neotrópicos (Schnittler & Stephenson, 2000). A riqueza de espécies encontrada nos ecossistemas estudados, embora maior que a relatada por Stephenson et al (2004) em floresta tropical úmida da reserva Maquipucana, no Equador (14 spp), é menor que a relatada por Snell & Keller (2003) para florestas temperadas (84 spp; 24 g) em um total de 418 câmaras úmidas e Everhart & Keller (2008), que obtiveram 46 espécies, em 20 gêneros, a partir de 580 câmaras úmidas. Os dados encontrados na floresta ombrófila desta pesquisa e aqueles encontrados por Barbosa et al (2016) são consistentes com a observação de que em florestas tropicais a riqueza de espécies é menor que em florestas temperadas. Todavia, a diversidade taxonômica encontrada por Barbosa et al (2016) em ambientes florestais ($S/G = 2,3$) e em outros tipos de ambiente ($S/G= 2,8$), além da apresentada no presente estudo ($S/G= 2,12$), é igual ou superior que a encontrada em algumas florestas temperadas, como as estudadas por Snell & Keller (2003) e Everhart & Keller (2008).

3.5.2 Retenção de água e pH

A capacidade de retenção de água pelas cascas das forófitas e o pH se destacaram como os fatores de maior influência para as comunidades de líquens e mixomicetos do CEPE. Em ambiente de manguezal e, principalmente, de restinga onde a umidade é mais baixa, identificou-se que a capacidade de retenção de água pelas cascas foi menor. Na floresta ombrófila as cascas são mais esponjosas, e por isso, permitem maior absorção de água. Caracteristicamente ambientes de floresta retêm mais umidade e conseqüentemente em muitas cascas o peso final de retenção de água é aumentado pela presença de briófitas, musgos e hepáticas. A acidez das cascas, é portanto, reflexo do microambiente e na floresta ombrófila densa foi um dos filtros mais importantes para composição dos mixomicetos. Diferente das árvores de floresta, forófitas de restinga apresentam cascas rígidas, resistentes e com propriedades químicas diferenciadas, compostas principalmente de taninos e ceras que muitas vezes repelem a água dificultando, em muitos casos, o crescimento de briófitas (Lima 2010). Segundo Rosabal et al (2013), forófitas que possuem casca seca apresentam baixa riqueza de espécies, quando comparadas com aquelas de casca úmida. Cáceres et al. (2007), no Brasil, e Rosabal et al (2013), em Cuba, não encontraram influência da capacidade de retenção de água pela casca sobre a frequência e riqueza de líquens e apontaram a umidade relativa como eficiente fator na estruturação e hidratação do talo dos líquens. Na floresta ombrófila do CEPE, a capacidade de retenção de água também não foi o principal fator de influência, mas apresentou correlação positiva e significativa ($p \leq 0,05$) com a variação dos líquens, corroborando os achados de Cáceres et al (2007) e Rosabal et al (2013), obtidos em floresta úmida.

No manguezal, algumas espécies apresentaram correlação negativa com essas variáveis, pois estiveram presentes em cascas com variadas taxas de absorção de água. As espécies *A. endachroa* (AMAend), *P. melanops* (PORmel) e *P. microcarpa* (PYRmic) ocorreram sobre cascas com grande variação na capacidade de absorção de água. Dentre elas, *A. endachroa*, por exemplo, esteve presente sobre fragmentos com cerca de 70% (46,90–69,96%) de absorção de água, níveis altos levando em consideração que a absorção pelas cascas dos mangues do CEPE variou entre 26,21–69,96%. Situação semelhante foi encontrada por Cáceres et al. (2007), investigando a especificidade por forófitas e parâmetros ambientais de líquens corticícolos crostosos. Nesse trabalho os autores concluíram que as preferências de

certos táxons de líquens por determinadas espécies de forófitas não estavam diretamente associadas as características encontradas nas cascas, como pH e absorção de água ($p \leq 0,05$).

A capacidade que cada substrato tem em absorver água também é determinante na riqueza da mixobiota, que varia conforme a quantidade de água absorvida por cada substrato; as cascas de árvores que absorvem e mantêm a água absorvida por muito tempo, favorecem a baixa produção de esporângios, principalmente quando os substratos estão em ambientes com baixas condições de temperatura (Stephenson & Rojas 2017; Glime 2019).

Diferente do observado em ambientes de restinga, nos manguezais estudados, a retenção de água pelas cascas também apresentou relação positiva com a variação das espécies de mixomicetos. Nesse ecossistema, foram detectadas cascas capazes de absorver água com até 69%. As espécies/ordens que mais sofreram essa influência foram *S. nigrescens* e *C. pulchaella* (Stemonitales), presentes em cascas com retenção entre 50–56% e 49–50% respectivamente. *Diderma saundersii* (Physarales) foi identificada sobre cascas com 52% de retenção de água e *Cribraria intricata* (Liceales), foi observada sobre cascas moderadamente úmidas (49–53%). *Arcyria pomiformis* e *O. flavidum*, ambas representantes da ordem Trichiales, foram identificadas sobre cascas que apresentaram cerca de 50% de retenção de água. O último táxon apresentou o maior número de espécimes, mesmo assim, seus representantes foram encontrados sobre cascas com pouca variação de absorção de água, entre 46–50%. A única representante da ordem Ceratiomyxales (*Ceratiomyxa fruticulosa*) esporulou sobre cascas com retenção entre 42–52%. Rojas et al. (2008) constataram a ocorrência de *C. fruticulosa*, *C. morchaella* e *C. sphaerosperma* em substratos de alta umidade (68–78%). Segundo esses autores, *C. fruticulosa* se apresenta como uma espécie cosmopolita e, portanto, de grande amplitude de tolerância. Comparada a outras espécies do gênero, *C. fruticulosa* foi encontrada em substratos com a menor média de umidade (68%). No CEPE, os espécimes de *C. fruticulosa* se desenvolveram sobre cascas com variação de retenção de água um pouco menor (média=46,6%) que a encontrada por Rojas et al. (2008) para a Costa Rica.

Cabe salientar que, além das características da casca, epífitas como líquens, musgos e hepáticas também interferem na capacidade de absorção de água e nos diferentes tipos de ofertas para o desenvolvimento dos mixomicetos (Ing 1994, Everhart et al. 2009). Por essa razão, alguns trabalhos têm apresentado diferentes resultados, tal como o de Snell & Keller (2003), que não encontraram relação entre abundância de mixomicetos e capacidade de

absorção de água da casca de diferentes forófitas, como *Acer rubrum* L. (Aceraceae), *Fraxinus americana* L. (Oleaceae), *Liriodendron tulipifera* L. (Magnoliaceae), *Pinus strobus* L. (Pinaceae) e *Quercus alba* L. (Fagaceae). Nesse trabalho, apenas *L. tulipifera* e *P. strobus* apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0.05$) entre suas absorções de água, mas não o suficiente para influenciar em termos estatísticos ($p \geq 0.05$) na variação dos mixomicetos. Nas forófitas de floresta ombrófila analisadas no presente estudo (CEPE), assim como em pesquisa realizada por Barbosa (2016), foram encontradas relações positivas entre a água absorvida pelas cascas e a riqueza de mixomicetos, porém essas diferenças não foram significativas ($R^2 = 0,0471$; $P = 0,116$). Entretanto, Schnitler et al. (2006) encontraram correlação positiva entre a ocorrência de mixomicetos e a capacidade de retenção de água ($r = -0,59$; $P = 0,01$). Segundo Liu et al. (2015), a influência da capacidade de absorção de água está ligada, em parte, à quantidade de epífitas que cobrem os fustes das árvores. Outros trabalhos (Ukkola et al. 2001; Härkönen et al. 2004), relacionam a riqueza de mixomicetos à acidez das cascas com alta capacidade de retenção de água.

3.5.3 Acidez das cascas das árvores

A acidez mensurada nas cascas dos mangues variou entre 4,0–6,5 e algumas espécies de líquens apresentaram correlação negativa com o pH, destacando-se *A. endachroa*, *P. melanops* e *P. microcarpa* pelos maiores índices negativos. *Amandinea endachroa* e *P. microcarpa* se desenvolveram em ampla variação de pH (4,9–6,4) e *P. melanops* foi identificada em pH levemente ácido (5,9).

A composição da liquenobiota corticícola dos manguezais estudados não esteve diretamente relacionada ao pH. Situação semelhante foi encontrada por Cáceres et al. (2007), ao investigar a especificidade por forófitas e parâmetros ambientais de líquens corticícolas crostosos de Floresta Atlântica do Nordeste do Brasil. Nesse trabalho os autores concluíram que as preferências de certos táxons de líquens por determinadas espécies de forófitas não estavam diretamente associadas às características encontradas nas cascas, como pH e absorção de água ($p \leq 0,05$).

Diferente do que ocorreu nos manguezais, a variação dos líquens presentes na floresta ombrófila apresentou significância estatística com o pH ($p = 0,0010$). As espécies *Porina* sp e *L. occultum* apresentaram as maiores correlações com o pH, ocorrendo em cascas com média

de pH 5,8. O táxon *Glyphis* sp apresentou fraca correlação com a acidez, ocorrendo predominantemente em meio básico (pH 7,2). Análises realizadas em ambientes de Floresta Atlântica no Nordeste do Brasil por Cáceres et al. (2007) revelaram através de regressão múltipla, correlação negativa entre a comunidade de líquens e o pH apresentado pelas cascas das forófitas.

A influência da acidez do substrato na composição dos líquens foi estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$). As espécies dos gêneros *Acanthohecis*, *Graphis* e *Ocellularia* se desenvolveram em pH mais ácido (até 4,8). Os gêneros *Fissurina*, *Lecanactis*, *Polymeridium* e *Phaeographis* não apresentaram grandes diferenças em suas médias de pH (média pH 5,6) e nos demais os indivíduos/talos se desenvolveram em pH próximo da neutralidade. Espécies de *Porina* e *Leucodecton*, da família Porinaceae (Ostropales), foram identificadas em pH médio de 5,8 enquanto as espécies de *Megalotremis* e *Glyphis* formaram um grupo que se desenvolvem em cascas com pH acima de 6 (pH= 6,3– 7,2). Observou-se também que em pH até 5,5 houve menor abundância, riqueza (8 spp) e diversidade taxonômica (S/G= 2,66). Por outro lado, pH entre 5,6–7,5 apresentou maior abundância, riqueza (13 spp) e diversidade de líquens (S/G= 1,44). Na pesquisa realizada por Rosabal et al. (2013), em casca de árvores com pH básico, a exemplo de *Gomidesia lindeniana* Berg., não foi encontrada elevada diversidade de líquens. Na liquenobiota da floresta ombrófila do CEPE, com aumento do pH também houve aumento da riqueza e diversidade, similar ao que foi encontrado em floresta boreal nos trabalhos de Kuusinen (1996) e Kantvilas & Jarman (2004), que indicam maior estabelecimento de líquens em pH acima de 5.

Ao longo de décadas, pesquisadores têm destacado o pH como importante fator para os mixomicetos. O pH e a temperatura estão intimamente relacionados e quando o pH permanece constante o tempo requerido para esporulação varia diretamente com a temperatura. Em câmaras úmidas, temperaturas altas diminuem a quantidade de esporulações. Quando o pH varia, temperaturas maiores requerem maior acidez para esporulação. Em temperatura constante, picos de esporulação ocorrem normalmente em pH ácido (Gray 1939; Alexopoulos 1969; Härkönen, 1977; Stephenson & Rojas 2017).

Comparados aos mixomicetos lignícolas, os corticícolos parecem apresentar baixa tolerância a amplas faixas de pH, ocorrendo predominantemente em pH ácido. Algumas espécies são mais restritas ao pH baixo, outras, a exemplo de *A. cinerea*, são mais generalistas (Kilgore et al. 2009; Novozhilov et al. 2017). Os estudos de Novozhilov & Schnittler (2008) e

Schnittler (2001a) sobre a mixobiota de regiões desérticas atribuíram a baixa riqueza de espécies ao pH elevado (7,5–8,0) e às condições de alta salinidade do solo. O pH básico dos substratos pode ser motivo para a ausência da maioria dos membros dos Stemonitales, Liceales e Trichales, exceto de *Perichaena*. Mesmo que os ambientes de manguezal apresentem solos com elevada salinidade, semelhante à dos desertos, a mixobiota do CEPE se apresentou bastante rica e diversa (S/G= 2,28). Além disso, ao contrário do que foi encontrado para regiões desérticas, os espécimes esporularam predominantemente em pH ácido. O táxon *Perichaena depressa* apresentou a maior correlação com o pH no eixo 2 da CCA e esporulou em substratos entre pH 5,9–6,4. A espécie *P. decipiens* foi o segundo táxon a sofrer maior influência da acidez, esteve presente em fragmentos de casca com pH entre 5,5–6,0, ou seja, em microhabitat levemente mais ácido que *P. depressa*. *Physarum stellatum*, uma das espécies com maior quantidade de espécimes (17), variou pouco quanto à acidez do substrato, esporulando sobre cascas com pH 4,5–6,0. *Licea testudinacea*, primeira referência para a América do Sul e para ambiente de Manguezal, também foi fortemente influenciada pela acidez do substrato, ocorrendo em cascas com pH entre 5,1–6,0. Como se percebe, todas as espécies que mais sofreram influência do pH esporularam em acidez até 6,4. A incidência de espécimes abaixo de pH 4,0 é baixa, pois níveis de acidez como esse parecem limitar alguns recursos de alimentação (Stephenson & Rojas 2017; Glime, 2019).

Na Floresta Ombrófila, *C. confusa* foi uma das espécies mais abundantes, destacando-se como espécie indicadora e ocorrendo em pH 5,2 (média). O referido táxon tem sido relatado como um dos mais comuns em florestas tropicais, dentro e fora do Brasil (Barbosa et al 2016; Novozhilov et al 2017).

Estudos realizados por Barbosa (2016) em diferentes fitofisionomias de floresta em Pernambuco também apontam para a influência do pH na distribuição vertical e horizontal de mixomicetos em diferentes zonas de troncos. Por outro lado, apesar de não encontrar forte influência da acidez sobre os mixomicetos Vaz et al (2017) ressaltaram a importância desse fator ($R^2= 0,04$) na distribuição de espécies, como *Clastoderma debaryanum*, *Comatricha elegans* e *C. pulchaella*. Além disso, essas espécies estiveram presentes em forófitas com copas menores e mais espaçadas entre si. Segundo a pesquisa desses autores a distância geográfica se apresentou como o fator mais importante na distribuição de mixomicetos corticícolos de florestas tropicais secas do Brasil.

Segundo Glime (2019), o pH realmente é importante na variação da distribuição dos mixomicetos, mas a influência desse fator pode estar sendo mascarada pela localização geográfica. A influência geográfica também traz consigo a mudança vegetacional e, portanto, condições diferenciadas envolvidas no desenvolvimento e esporulação dos mixomicetos (Novozhilov et al. 2017). Everhart et al (2008) não encontraram influência da distância geográfica na distribuição dos mixomicetos. Além disso, apontaram o pH como principal fator sobre os mixomicetos. Na presente pesquisa, além do pH (em escala microambiental), a distância geográfica (em escala macroambiental) entre mangues e entre restingas do CEPE se destacou entre os fatores determinantes da distribuição de líquens e mixomicetos (Teste de Mantel= $p \leq 0,05$).

Nos manguezais, restingas e floresta do CEPE o pH do substrato permaneceu sempre ácido, embora, em alguns casos, muito próximo ao neutro. O comportamento das espécies de mixomicetos nesse tipo de ecossistema foi diferente do que vem sendo observado em ambientes temperados (Schinitler & Stephenso 2000; Schinitler 2001) e do que foi demonstrado por Schinitler et al (2016) no Alasca, onde encontraram riqueza mais baixa em substratos mais ácidos.

Na restinga, o pH das cascas das árvores variou entre 3,6–6,5. Relacionando acidez e riqueza percebe-se que houve maior riqueza até pH 5,0; entre 5,1–6,5 (pH) houve decréscimo acentuado da riqueza de mixomicetos. A mixobiota do manguezal apresentou comportamento semelhante à de restinga. Em acidez até 5,4 também foi encontrada maior riqueza de táxons, enquanto entre 5,5–6,4 houve diminuição da riqueza. Nas faixas de pH analisadas, a diversidade em ambos os ecossistemas não apresentou grandes diferenças. A faixa de pH em ambientes de restinga, onde foi detectada maior riqueza, também foi evidente maior diversidade taxonômica ($S/G = 1,73$) e quando a riqueza foi menor a diversidade também foi menor ($S/G = 1,76$). No manguezal, na faixa de pH onde se verificou maior riqueza foi detectada menor diversidade ($S/G = 1,92$) e na faixa de acidez de menor riqueza houve maior diversidade ($S/G = 1,7$). Como observado em ambos os ecossistemas, houve diminuição de riqueza com o aumento do pH. Apesar dessa diferença, as diversidades encontradas não apresentaram diferenças significativas entre si. Mesmo apresentando fatores limitantes, como forte insolação e salinidade, os manguezais e as restingas se mostraram ecossistemas de elevada riqueza e diversidade.

Ao estudar fatores limitantes para ocorrência de mixomicetos corticícolas no Alasca, Schnittler et al. (2016) ressaltaram a importância de variáveis como pH e dbh sobre *Leocarpus fragilis* (Dicks.) Rostaf. e *Paradiacheopsis solitaria* (Nann.-Bremek.) Nann.-Bremek., espécies mais comuns naquela pesquisa. Os táxons apresentaram comportamentos inversamente proporcionais, ou seja, o primeiro ocorreu sobre forófitas menores, dbh menores ($16,6 \pm 11,6$) e acidez menores ($3,85 \pm 0,61$), o segundo táxon ocorreu em árvores maiores, fustes de maior diâmetro ($27,3 \pm 12,5$) e acidez mais elevada ($3,64 \pm 0,06$). Essa relação entre dbh e pH não se tornou evidente nos ambientes estudados do CEPE, mas segundo Clayton et al. (2014), troncos mais largos apresentam maior oferta de microhabitats e, portanto, diferentes condições de acidez e temperatura para desenvolvimento e esporulação dos mixomicetos.

Na floresta ombrófila a umidade das cascas é maior que em ambiente de manguezal e principalmente de restinga; independente da época do ano a umidade se mantém por meio do vapor de água que circunda nas florestas tropicais (Kersten, 2010). Nessas condições, mixomicetos se utilizam da presença dos líquens que favorecem alterações microambientais, tais como, mudanças de acidez (ácidos líquênicos), permitindo o crescimento de bactérias/fungos importantes na dieta dos mixomicetos (Madelin 1984; Schnittler 2001). Mas segundo alguns autores, quando o pH se torna muito baixo há diminuição do desenvolvimento de bactérias e de outros organismos importantes para nutrição dos mixomicetos, causa essa que pode ser a razão para a diminuição da riqueza de mixomicetos (Schnitler & Stephenson 2000; Novozhilov et al 2017; Stephenson & Rojas 2017).

No ambiente de floresta ombrófila estudado o pH das cascas apresentou significância positiva com as espécies de mixomicetos (Monte Carlo = 0,0390). Apresentou variação entre 3,6–7,2 destacando-se como o fator que mais influenciou a comunidade de mixomicetos da Floresta Ombrófila ($p \leq 0,05$). Stemonitales se destacou como a ordem com a menor média de pH. Liceales e Trichiales apresentaram médias muito próximas, entretanto, os representantes da segunda ordem se desenvolveram em pH menos ácido. Espécies de Liceales (*Cribraria microcarpa* e *C. intricata*) e Trichiales (*T. botrytis*, *P. depressa*, *P. chrysosperma* e *P. calongei*) foram as mais influenciadas pela acidez, ocorrendo em cascas com pH entre 5,65–5,85. As espécies *A. cinerea* (4,0 – 6,0) e *C. confusa* (3,0 – 6,5) se destacaram como as mais generalistas, ocorrendo em ampla faixa de pH. Segundo Novozhilov et al (2017), em coníferas de regiões úmidas, o pH tende a ser baixo selecionando espécies de Stemonitales e certas espécies de *Licea*. Em ambientes de floresta ombrófila e brejos de altitude, Barbosa

(2016), utilizando análise de ordenamento (DCA), constatou que o pH da casca de árvores ($R^2=0,3202$ / $P=0,001$) e o diâmetro do tronco ($R^2=0,1271$ / $P=0,006$) foram os fatores estatisticamente mais relevantes na ocorrência e distribuição dos mixomicetos. Além disso, a exemplo do que foi encontrado na floresta ombrófila do CEPE, espécies de Trichiales (*Perichaena chrysosperma* e *P. depressa*) e Liceales (*Cribraria violacea*, *C. confusa*, *Licea erecta*) também se destacaram como os táxons mais representativos das Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta e Floresta Sazonal Semidecidual Montana do estado de Pernambuco.

3.5.4 Diâmetro dos troncos

Os estudos que envolvem a distribuição das briófitas e líquens corticícolas em florestas tropicais demonstram que a diversidade desses organismos recebe influência significativa da umidade, luminosidade e diâmetro do tronco (Santos, 2012). Apesar do diâmetro dos troncos analisados na presente pesquisa estarem fortemente relacionados com tamanho da copa, terem apresentado fortes diferenças entre si e terem agrupado algumas espécies de líquens no manguezal e restinga, esse não foi o fator mais determinante na variação apresentada por líquens. Everhat et al. (2008) selecionaram seis espécies de árvores [*Acer saccharum* Marsh. Aceraceae; *Fraxinus americana* L., Oleaceae; *Liquidambar styraciflua* L., Hamamelidaceae; *Liriodendron tulipifera* L., Magnoliaceae; *Platanus occidentalis* L., Platanaceae; *Tsuga canadensis* (L.) Carriere, Pinaceae] considerando principalmente a estrutura física da casca e concluíram que a elevada cobertura e o alto número de espécies indicadoras de líquens crostosos em *T. canadensis* estavam fortemente relacionados aos troncos de maior diâmetro e idade. Considerando a variação de diâmetro encontrada nos manguezais estudados, *L. helva*, *L. occultum* e *P. flavens*, aqui apresentadas como indicadoras de manguezal, estavam presentes em troncos com dbh intermediário ($\bar{x}= 32,0$ cm) e a primeira delas foi a que ocorreu em maior variedade de diâmetros. Caceres et al. (2007) e Rosbal et al. (2013) não encontraram influência significativa ($p>0,05$) da circunferência/diâmetro do tronco sobre a riqueza e área de cobertura de líquens em florestas úmidas do Brasil e de Cuba (Gran Piedra > 1200 m). Relação positiva entre dbh e riqueza de líquens também não foi encontrada por Lima (2013) em ambientes de Caatinga ($r= -0,066$; $p=0.314446$; $r=0,241$, $p= 0,036785$). Apesar disso, Rosbal et al. (2013) ressaltaram a importância de troncos grossos na manutenção de grandes números de áreas favoráveis para colonização de líquens de diferentes nichos ecológicos.

Além disso, troncos desse tipo, por apresentarem largas superfícies de exposição, favorecem estabilidade para diásporas formarem talos potencialmente saudáveis.

Ao analisar a influência do diâmetro do tronco na riqueza e composição da mixobiota, embora fustes maiores apresentem maior área para exploração e estabelecimento das espécies, o dbh, embora significativo, foi menos determinante na variação observada do que o tamanho da copa. É provável que existam diferenças na composição da mixobiota corticícola conforme o aumento do diâmetro ou em função do estágio de desenvolvimento das cascas de árvores vivas, tal como ocorre na sucessão de mixomicetos nos diferentes estágios de decomposição de troncos mortos (Takahashi & Hada, 2009).

Rojas & Stephenson (2007) encontraram forte influência do dbh em floresta de carvalhos (Costa Rica), especialmente sobre *Trichia favoginea* (Batsch) Pers., *Cribraria piriformis* Schrad. e *Collaria columbinum* (Pers.) Rostaf. que ocorreram em troncos de maior diâmetro. O diâmetro de lianas também tem se mostrado importante, como observado por Ko Ko et al. (2010), na Tailândia, onde foram encontradas relações positivas entre riqueza e diversidade com lianas de maior diâmetro. Everhart et al. (2008) não encontraram correlação significativa (MRPP com $p \geq 0,05$) entre dbh e comunidades epífitas constituídas por musgos, hepáticas, cianobactérias, líquens crostosos e mixomicetos. Em pesquisa realizada em floresta temperada norte-americana, Clayton et al. (2014) constataram maior riqueza e diversidade de espécies em troncos de maior diâmetro de *Quercus alba* L. e concluíram que troncos maiores, com casca mais velha e rugosa, são mais efetivos na “captura de esporos”, fornecem um ambiente mais heterogêneo, comportando maior diversidade de alimentos e retém maior quantidade de água. Segundo Schnittler et al. (2016), se existe “efeito de acúmulo”, ele é causado por dois processos: capacidade de dispersão e idade das forófitas, ou seja, árvores velhas e novas apresentam tempos diferenciados quanto à “captura de esporos”, além disso, quanto mais velhas, as cascas das árvores apresentam maior diversidade e disponibilidade de microhabitats, fornecendo, assim, um nicho mais amplo de espécies.

Os dados aqui apresentados apontam para uma importante influência do dbh na composição das mixobiotas. Nos ambientes de manguezal, por exemplo, os troncos onde ocorreram *C. arcyronema*, *C. confusa*, *P. stellatum*, *O. flavidum* e *A. cinerea* variaram pouco quanto ao diâmetro. Esses dados são estatisticamente significantes ($p \leq 0,05$), desde que o diâmetro foi uma das variáveis de maior importância para os mixomicetos. As espécies mais

relacionadas a esse fator foram *C. arcyronema* e *C. confusa*. a primeira ocorrendo em troncos de circunferência e diâmetro entre 20–30 cm, a segunda ocorrendo predominantemente em troncos um pouco maiores, principalmente entre 30–40 cm de diâmetro. Na restinga, as três espécies mais comuns, *A. cinerea*, *C. confusa* e *C. violacea*, ocorreram em troncos de diâmetros variados. O primeiro táxon ocorreu em fustes com diâmetro entre 23–47 cm, a segunda espécie entre 15–71 cm (diam.) e a terceira em dbh que variou entre 14–73 cm de diâmetro. Na floresta ombrófila densa, o dbh apresentou correlação positiva com as espécies de mixomicetos ($p \leq 0,05$). *A. cinerea* e *C. confusa* também foram as mais abundantes, mas não ocorreram em troncos com grandes diferenças de diâmetro; a primeira espécie esporulou em troncos com diâmetro médio de 21,0 cm, a segunda e *C. microcarpa*, a terceira mais abundante, ocorreram em troncos de maior diâmetro ($\bar{x} = 38,0$ cm). Considerando as espécies mais recorrentes nos ambientes estudados, pode-se concluir que *A. cinerea* ocorreu em troncos menores (manguezal $\bar{x} = 25,0$ cm; floresta $\bar{x} = 21,0$ cm; restinga $\bar{x} = 35,0$ cm) e as espécies de Liceales ocorreram em troncos maiores. No manguezal e na restinga, por exemplo, *C. confusa* esporulou em troncos com dbh médio de 35,0 cm, enquanto na floresta ombrófila foi registrada em troncos levemente maiores ($\bar{x} = 38,0$ cm). *Cribraria violacea* ocorreu em troncos de maior diâmetro ($\bar{x} = 43,5$ cm). Pesquisas realizadas por Clayton et al. (2014) sobre a mixobiota presente em *Quercus alba* L. (floresta de carvalhos) revelaram que espécies como *C. violacea* e *A. cinerea* são as mais generalistas, por ocorrerem em troncos de diâmetros variados. Apesar disso, foi constatada maior abundância de *C. violacea* em troncos mais largos, ao contrário de *A. cinerea*, mais abundante em troncos de menor diâmetro.

3.5.5 Rugosidade da casca das forófitas

A rugosidade da casca na qual os mixomicetos e líquens se desenvolveram não foi informativa em termos estatísticos para restinga, manguezal e floresta ombrófila ($p > 0,05$). Mesmo assim, foi observado que nos três ambientes as árvores com casca fendida longitudinalmente, desprendendo-se em faixas alongadas (nível III) apresentaram maior riqueza de líquens e mixomicetos. Há décadas os líquens crostosos são relacionados às cascas lisas e substratos novos (Jesberger & Sheard, 1973). Como informado por Marcelli (1992), em cascas muito lisas predomina o hábito endofloidal, característico de líquens crostosos com peritécios e lirelas, enquanto nas cascas mais rugosas predominam os folhosos (Kappen, 1973). Hawksworth (1975) considera que a presença de líquens corticícolas crostosos possui íntima

relação com a natureza física das cascas. Em troncos jovens com cascas lisas são comuns formas crostosas, muitas delas com talos muito finos. Por outro lado, troncos mais velhos e, portanto com casca mais enrugada são ocupados por formas crostosas com talos mais espessos ou ainda formas foliosas e fruticosas (Martins & Marcelli, 2011).

Pyrenula cerina é uma das espécies de líquen mais comuns nos manguezais brasileiros, sendo também citada para manguezais em outros países da América do Sul e Central (Guianas) (Marcelli, 1992). Todavia, no presente estudo, *P. cerina* ocorreu apenas no manguezal de Guadalupe, sobre o córtex de *R. mangle*, que apresenta casca do tronco lisa (tipo I), já informado como um dos substratos onde estão presentes numerosas espécies crostosas peritecióides.

Na restinga, as cascas levemente ásperas (nível II) também apresentaram riqueza moderada de líquens ($p \geq 0,05$). Cáceres et al (2007) encontraram leve preferência por forófitas influenciadas por, dentre outras, estrutura da casca. Apesar de espécies como *Phyllopsora furfuracea*, *Herpothallon* sp e *Porina curtula* estarem presentes em tipos específicos de casca esse fator não apresentou influência sobre a riqueza de líquens. Rosabal et al (2013), estudando a especificidade de líquens por espécies de forófitas em floresta montana úmida (Gran Piedra, Santiago de Cuba), encontraram correlação negativa com a rugosidade da casca de forófitas (Correlação de Spearman = $-0,79$; $p = 0,0038$). Além disso, foi encontrada correlação inversamente proporcional entre elevada rugosidade e riqueza de líquens, sendo as cascas rugosas e fissuradas características limitantes para o estabelecimento de líquens de talos finos (Rosabal et al 2013).

Tanto para líquens quanto para mixomicetos a casca das forófitas se apresenta como um importante filtro de seleção. Nos ambientes estudados notou-se uma tendência para maior riqueza de mixomicetos em cascas mais ásperas e sulcadas (níveis II e III), entretanto essa constatação não foi significativa ($p \geq 0,05$). Embora poucas pesquisas tenham sido feitas nesse sentido, é provável que cascas mais ásperas apresentem maior área de contato e possivelmente maior probabilidade de retenção de esporos de líquens e principalmente de mixomicetos (Rosabal et al 2013). A quantidade de esporos produzida por cada esporocarpo é suficiente para se espalhar sobre diversas superfícies e o esporo possui alta capacidade de se fixar às estruturas, independente de serem lisas ou ásperas (Everhart et al. 2009). Ao estudar os padrões de ocorrência de mixomicetos na superfície das árvores Stephenson (1989) constatou que cascas sulcadas e rugosas são efetivas para abrigar esporos porém identificou alta riqueza

em *Betula alleghaniensis* Britt., que possui casca lisa, registrando 2,5 espécies, com 93% das culturas positivas (diversidade de espécies= 0,72). Novozhilov & Schnittler (2008a) encontraram alta riqueza de mixomicetos corticícolas em regiões áridas da Mongólia. Dentre os tipos de casca analisados (lisa, longa e frouxa e fibrosa), observou-se maior riqueza de espécies em cascas lisas (53 incluindo esporângios e plasmódios), com registros de espécies como *A. minuta* Buchet., *Physarum cinereum* (Batsch) Pers. e *Perichaena chrysosperma* (Curr) Lister., caracterizada por apresentar esporos verrucosos, capilício abundante com espinhos, características que permitem maior aderência a substratos lisos. As cascas fibrosas, longas e frouxas apresentaram respectivamente 23 e 29 registros. Independente disso, a riqueza de mixomicetos parece estar ligada diretamente aos microhabitats oferecidos nas cascas das forófitas, fortemente influenciados pela presença de briófitas e líquens que alteram a acidez, fornecem abrigo, nutrientes e umidade para desenvolvimento e esporulação dos plasmódios. Na presente pesquisa, como já mencionado, os diferentes tipos de casca presentes nas forófitas estudadas do CEPE não apresentaram influência estatística na variação de líquens e mixomicetos ($p \geq 0,05$); apesar disso, as árvores cujas cascas apresentaram fendas longitudinais, desprendendo-se em faixas alongadas (nível III) apresentaram maior riqueza dos organismos estudados.

4 CONCLUSÕES

- Restingas e, principalmente, manguezais são ambientes de elevada riqueza e diversidade de líquens e mixomicetos corticícolas, semelhantes às encontradas em Floresta Ombrófila Densa.
- A riqueza de espécies de líquens corticícolas crostosos em restingas e manguezais é influenciada pelo nível de conservação do ambiente.
- O ecossistema de restinga favorece maior diversidade de líquens corticícolas crostosos que o de manguezais.
- A composição da liquenobiota e da mixobiota corticícola de restinga e manguezais do CEPE se assemelha quanto aos gêneros, mas difere quanto às espécies.
- *Lecanora helva* e *Pertusaria flavens* são boas indicadoras para ambientes de manguezal.

- A diversidade taxonômica da mixobiota corticícola não difere significativamente nos ambientes de Restinga, Manguezal e Floresta Ombrófila Densa no Nordeste do Brasil.
- As diversidades α e β de mixomicetos de Manguezal, Restinga e Floresta Ombrófila Densa são elevadas, sendo iguais ou maior do que a encontrada em Florestas Temperadas.
- Características das forófitas, como tamanho da copa, diâmetro do tronco, pH e capacidade de retenção de água pela casca, explicam de forma significativa a distribuição de líquens e mixomicetos corticícolas nas áreas de manguezal, restinga e floresta do CEPE.
- O macroclima característico do ecossistema, o microhabitat oferecido pela casca das árvores, a acidez e retenção de água apresentada pelo córtex são filtros que selecionam a presença dos mixomicetos e líquens corticícolas no CEPE.
- Distância geográfica, mas principalmente características microambientais podem ser entendidas como determinantes nas diferenças entre as riquezas de líquens e mixomicetos corticícolas do CEPE.
- Mixomicetos e líquens corticícolas coocorrem com mais intensidade em ambientes de manguezal do que em restinga e Floresta Ombrófila Densa do CEPE.
- O elevado número de registros dos mixomicetos *Oligonema flavidum* e *Cribraria confusa* e dos líquens *Lecanora helva* e *P. ochraceoflava*, em uma mesma câmara úmida, contribui para elevados valores de coocorrência (*pairwise*) nos manguezais.
- O ambiente restritivo do manguezal favorece a coocorrência entre líquens e mixomicetos corticícolas ao passo que em Floresta Ombrófila Densa a coocorrência diminui em decorrência de uma maior variedade de microhabitats disponíveis nesse ambiente.
- A coocorrência entre líquens e mixomicetos corticícolas não é obrigatória apesar de líquens formarem importantes microhabitats para crescimento e esporulação dos mixomicetos.

REFERÊNCIAS

- Agra, L.A.N.N., Bezerra, A.C.C., Cavalcanti, L.H. 2015. Myxomycetes from mangroves: species occurring in the state of Maranhão, northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 75: 222–227.
- Agra, L.A.N.N., Lemos, D.B.N., Powell, N.V., Medrado, W.T., Cavalcanti, L.H. 2010. Occurrence of *Lycogala epidendrum* (Myxomycetes) in a mangrove environment in Brazil. *Revista Brasileira de Biociências*, 8:164–168.
- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., Blackwell, M. 1996. *Introductory Micology*. 4th edition. John Wiley & Sons, New York.
- Almeida Jr, E.B., Olivo, M.A., Araújo, E.L., Zickel, C.S. 2009. Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracaípe, PE, Brasil, com base na fisionomia, flora, nutrientes do solo e lençol freático. *Acta Botanica Brasilica*, 23(1): 36–48.
- Anderson, O.R. 2014. Microbial communities associated with tree bark foliose lichens: A perspective on their Microecology. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 61: 364–370.
- Andrade, D.S. 2015. Efeitos de borda sobre assembleias de líquens corticícolos crostosos em áreas de Mata Atlântica, no Nordeste do Brasil. Dissertação de mestrado profissional, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Brasil.
- Andrade-Lima, D. 1960. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. Instituto de Pesquisa Agrônômica de Pernambuco, Recife.
- Araujo, J.C., Lado, C., Xavier-Santos, S. 2015. *Perichaena calongei* (Trichiales): a new record of Myxomycetes from Brazil. *Current Research in Environmental & Applied Mycology*, 5(4): 352–356.
- Arnold, A.E., Miadlikowska, J., Higgins, K.L., Sarvate, S.D., Gugger, P., Way, A., Hofstetter, V., Kauff, F., Lutzoni, F. 2009. A phylogenetic estimation of trophic transition networks for ascomycetous fungi: Are lichens cradles of symbiotrophic fungal diversification. *Systematic Biology*, 58: 283–297.
- Asplund, J., Gauslaa, Y. 2008. Mollusc grazing limits growth and early development of the old forest lichen *Lobaria pulmonaria* in broadleaved deciduous forests. *Oecologia*, 155: 93–99.
- Barbosa, D.I., Bezerra, A.C.C., Lima, V.X., Cavalcanti, L.H. 2016. Corticolous myxobiota of the Pernambuco Center of Endemism, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 30(4): 549–559.
- Bataghin, F. A., Barros, F., Pires, J.S.R. 2010. Distribuição da comunidade de epífitas vasculares em sítios sob diferentes graus de perturbação na Floresta Nacional de Ipanema, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 33(3): 501–512.
- Bates, S.T., Berg-Lyons, D., Lauber, C.L., Walters, W.A., Knight, R., Fierer, N. 2012. A preliminary survey of lichen associated eukaryotes using pyrosequencing. *The Lichenologist*, 44(1): 137–146.

- Bates, S.T., Cropsey, G.W.G., Caporaso, J.G., Knight, R., Fierer, N. 2011. Bacterial communities associated with the lichen symbiosis. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(4): 1309–1314.
- Begon, M., Mortimer, M., Thompson, D.J. 1996. *Population Ecology. An unified study of animals and plants*. 3rd edition. Oxford, Blackwell Science.
- Benatti, M.N., Marcelli, M.P. 2010. Espécies de *Parmotrema* (Parmeliaceae, Ascomycota) do litoral centro-sul do estado de São Paulo III. Grupos químicos equinocárpico e stictico. *Acta Botanica Brasilica*, 24(2): 304–321.
- Benatti, M.N., Marcelli, M.P. 2011. Espécies de *Parmotrema* (Parmeliaceae, Ascomycota) do litoral Centro-Sul do Estado de São Paulo IV. Grupo químico protocetrário. *Revista Brasileira de Botânica*, 34(1): 103–123.
- Bezerra, A.C.C., Brito, L.D.B., Guimarães, E., Cavalcanti, L.H. 1999. Myxomycetes no manguezal: mixobiota da Reserva Biológica de Santa Isabel, Pacatuba, SE. In: *Anais do IX Congresso de Iniciação Científica, UFRPE, Recife*, pp. 239–242.
- Bezerra, A.C.C., Costa, A.A.A., Cavalcanti, L.H. 2011. Myxomycetes occurring on *Cecropia adenopus* (Cecropiaceae) in fragments of the Atlantic Rainforest. *Acta Botanica Brasilica*, 25: 11–16.
- Bezerra, A.C.C., Nunes, A.T., Costa, A.A.A., Ferreira, I.N., Bezerra, M.F.A., Cavalcanti, L.H. 2007. Mixobiota do Parque Estadual das Dunas de Natal. *Revista Brasileira de Biociências*, 5: 30–32.
- Bock, N., Anderson, O.R. 2015. Eukaryotic microbial communities associated with rock-dwelling foliose lichens: A functional morphological and microecological analysis. *Acta Protozoologica*, 54: 265–273.
- Bolliger, J., Bergamini, A., Stofer, S., Kienast, F., Scheidegger, C. 2007. Predicting the potential spatial distributions of epiphytic lichen species at the landscape scale. *The Lichenologist* 39(3): 279–291.
- Büdel, B., Scheidegger, C. 2008. Thallus morphology and anatomy. In: *Lichen biology*. Nash, T.H. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, pp. 216–233.
- Cáceres, M., Lücking, R. 2000. Three new species and one new combination of foliicolous lichens and lichenicolous fungi from the Atlantic Rainforest in Pernambuco state, Brazil. *Nova Hedwigia*, 70 (1–2): 217–226.
- Cáceres, M.E.S, Lücking, R., Rambold, G. 2007. Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. *Mycological Progress*, 6:117–136.
- Cáceres, M.E.S. 2007. Corticolous, crustose and microfoliose lichens of northeastern Brazil. *LibriBotanici*, 22: 1–168.

- Cáceres, M.E.S., Aptroot, A., Parmen, S., Lücking, R. 2014. Remarkable diversity of the lichen family Graphidaceae in the Amazon rain forest of Rondônia, Brazil. *Phytotaxa*, 189(1): 87–136.
- Cáceres, M.E.S., Lücking, R., Rambold, G. 2008. Corticolous microlichens in Northeastern Brazil: habitat differentiation between coastal Mata Atlântica, Caatinga and Brejos de Altitude. *The Bryologist*, 111(1): 98–117.
- Callaway, R.M., Reinhart, K.O., Moore, G.W., Moore, D.J., Pennings, S.C. 2002. Epiphyte host preferences and host traits: mechanisms for species-specific interactions. *Oecologia*, 132: 221–230.
- Canêz, L.S., Marcelli, M.P. 2010. *Punctelia osorioi*, a new species of Parmeliaceae from South Brazil. *Mycotaxon*, 111: 45–49.
- Cavalcanti, L.H. 1974. Mixomicetos corticícolas do Cerrado de Emas (Pirassununga - São Paulo). Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências: Universidade de São Paulo, Brasil.
- Cavalcanti, L.H., Bezerra, A.C.C., Campos, E.L. 2000. Diversidade da mixobiota de Manguezais. In: *Mangrove 2000, Sustainable use of estuaries and mangroves: Challenges and prospects*, Recife, Brazil. UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco, ISME - International Society for Mangrove Ecosystems Brazil, pp. 44–54.
- Cavalcanti, L.H., Caldas, A.C.C., Agra, L.A.N. 2018. Myxomycetes. In: *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Accessed 09 May 2018
- Cavalcanti, L.H., Damasceno, G., Bezerra, A.C.C., Costa, A.A.A. 2014. Mangrove myxomycetes: species occurring on *Conocarpus erectus* L. (Combretaceae). *Sydowia*, 66: 183–190.
- Cavalcanti, L.H., Damasceno, G., Costa, A.A.A., Bezerra, A.C.C. 2016. Myxomycetes in Brazilian mangroves: species associated with *Avicennia nitida*, *Laguncularia racemosa* and *Rhizophora mangle*. *Marine Biodiversity Records*, 9(31): 1–7.
- Cavalcanti, L.H., Tavares, H.F.M., Nunes, A.T., Silva, C.F. 2006. Mixomicetos. In: Pôrto, K.C., Almeida-Cortês, J.S., Tabarelli, M. *Diversidade e conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, pp. 53–74.
- Cerqueira, R. 2000. Biogeografia das Restingas. In: Esteves F.A., Lacerda, L.D. *Ecologia de Restingas e lagoas costeiras*. NUPEM/UFRJ, Macaé, Rio de Janeiro Brasil, pp. 65–75.
- Coimbra-Filho, A.F., Câmara, I.G. 1996. Os limites originais do bioma Mata Atlântica na Região Nordeste do Brasil. Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN), Rio de Janeiro, Brasil.
- Coutinho, L.M. 2006. O conceito de bioma. *Acta Botanica Brasilica*, 20 (1): 13–23.
- CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. 2011. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Guadalupe (APA Guadalupe).

- Dal-Forno, M. 2009. A família Graphidaceae (Ascomycota liquenizados) em Restinga em Pontal do Sul, pontal do Paraná, Paraná. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Damasceno, G., Tenorio, J.C.G., Cavalcanti, L.H. 2011. Stemonitaceae (Myxomycetes) in Brazilian mangroves. *Sydowia*, 63: 9–22.
- Diamond, J. M. 1975. Assembly of species communities. in: Cody, M. L., Diamond, J. M. *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA, pp. 342–444.
- Doyle, J., and J. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19: 11–15.
- Drummond AJ, Suchard MA, Xie D, Rambaut A. 2012. Bayesian phylogenetics with BEAUti and the BEAST 1.7. *Mol Biol Evol.*, 29: 1969–1973.
- Dudka, I.A., Romanenko, E.A. 2006. Co-existence and interaction between myxomycetes and other organisms in shared niches. *Acta Mycologica*, 41: 99–112.
- Dufrêne, M. & Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345–366.
- Eriksson, O. E. 2005. Origin and evolution of Ascomycota - the protolichenes hypothesis. *Svensk Mykologisk Tidskrift*, 26: 30–33.
- Estrabou , C., Filippini, E., Soria, J.P., Schelotto, G., Rodriguez, J.M. 2011. Air quality monitoring system using lichens as bioindicators in Central Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*, 182 (1–4): 375–383.
- Everhart, S.E. and Keller, H.W. 2008. Life history strategies of corticolous myxomycetes: the life cycle, plasmodial types, fruiting bodies, and taxonomic orders. *Fungal Diversity*, 29: 1–16.
- Everhart, S.E., Ely, J.S., Keller, H.W. 2009. Evaluation of tree canopy epiphytes and bark characteristics associated with the presence of corticolous Myxomycetes. *Botany*, 87: 509–517.
- Everhart, S.E., Keller, H.W. 2008. Life history strategies of corticolous myxomycetes: the life cycle, plasmodial types, fruiting bodies, and taxonomic orders. *Fungal Diversity*, 29: 1–16.
- Farr, M. L. 1976. *Myxomycetes*. Flora Neotropica. Monograph 16. New York Botanical Garden, New York.
- Faust, K., Sathirapongsasuti, J.F., Izard, J., Segata, N., Gevers, D., Raes, J., Huttenhower, C. 2012. Microbial co-occurrence relationships in the Human Microbiome. *PLoSComputBiol*, 8 (7): 1–20.
- Ferreira, A.C., Lacerda, L.D. 2016. Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives. *Ocean & Coastal Management*, 125: 38–46.

- Ferreira, F.S., Santos, S.C., Barros, T.F., Rossi-Alva, J.C. Fernandez, L.G. 2011. Atividade antibacteriana in vitro de extratos de *Rhizophora mangle* L. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13(3): 305–310.
- Ferreira, I. N., Cavalcanti, L. H. 2010. Disponibilidade de microhabitats para Myxomycetes em Floresta Atlântica: Bromeliaceae. *Biotemas*, 23(3): 1–10.
- Ferreira, I. N., Cavalcanti, L.H. 2011. Myxomycetes associados a cactáceas no agreste e sertão de Pernambuco, Brasil. *Biotemas*, 24(2): 1–11.
- Fiore-Donno, A. M., Meyer, S. L. Baldauf, and J. Pawlowski. 2008. Evolution of dark-spored Myxomycetes (slime-molds): Molecules versus morphology. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 46: 878–889.
- Frazer, G.W., Canham, C.D., Lertzman, K.P. 1999. Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging Software to Extract Canopy Structure and Gap Light Transmission Indices from True-Color Fisheye Photographs, Users Manual and Program Documentation. Simon Frazer University, Burnaby.
- Friedel, A., Oheimb, G.V., Dengler, J., Hardtle, W. 2006. Species diversity and species composition of epiphytic bryophytes and lichens – a comparison of managed and unmanaged beech forest in NE Germany. *Lunenburg: Fedds Repertorium*, 117(1/2): 172–185.
- Galindo-Leal, C., Câmara, I.G. 2003. Atlantic forest hotspots status: an overview. In: Galindo-Leal, C., Câmara, I.G. *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. CABS & Island Press, Washington, pp. 3–11.
- Glime, J. M. 2019. Slime Molds: Biology and Diversity. Chapt. 3-1. In: Glime, J. M. *Bryophyte Ecology. Volume 2. Bryological Interaction*. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Last updated 30 November 2019 and available at <<https://digitalcommons.mtu.edu/bryophyte-ecology/>>. 3
- Gomes, F.H., Vidal-Torrado, P., Macías, F., Gherardi, B., Perez, X.L.O. 2007. Soils under restinga vegetation on the Cardoso Island (SP). Characterization and classification. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 31 (6): 1563–1580.
- Gotelli, N. J., Entsminger, G. L. 2005. *Ecosim. Null Models Software For Ecology Version 7.72*, Acquired Intelligence Inc. & Ksey Bear.
- Gough, L., Shrestha, K., Johnson, D.R., Moon, B. 2008. Long-term mammalian herbivory and nutrient addition alter lichen community structure in Alaskan dry heath tundra. *Antarctic and Alpine Research*, 40(1): 65–73.
- Gray, W. D., Alexopoulos, C. J. 1968. *Biology of the Myxomycetes*. The Ronald Press Company, New York.
- Green, T. G. A., Brabyn, L., Beard, C., Sancho, L. G. 2012. Extremely low lichen growth rates in Taylor Valley, Dry Valleys, continental Antarctica. *Polar Biology*, 35: 535–541.

- Grillo, A., Oliveira, M.A., Tabarelli, M. 2005. Árvores. In: Pôrto, C., Almeida-Cortez, J.S., Tabarelli, M. *Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco*. Série Biodiversidade, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp. 191–218.
- Grube, M., Cardinale, M., Castro Jr, J.V., Muller, H., Berg, G. 2009. Species-specific structural and functional diversity of bacterial communities in lichen symbioses. *International Society for Microbial Ecology*, 3: 1105–1115.
- Grueter, C. C., Li, D., Ren, B., Wei, F. Xiang, Z., Van Schaik, C. P. 2009. Fallback foods of temperate-living primates: A case study on snub-nosed monkeys. *American Journal of Physical Anthropology*, 140(4): 700–715.
- Hans-Peter Piepho. 2004. An Algorithm for a Letter-Based Representation of All-Pairwise Comparisons, *Journal of Computational and Graphical Statistics*, **13**(2), 456–466.
- Hawksworth, D. L. 1988. The variety of fungal-algal symbioses, their evolutionary significance, and the nature of lichens. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 96: 3–20.
- Hawksworth, D. L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: Magnitude, significance, and conservation. *Mycological Research*, 95: 641–655.
- Hawksworth, D.L., Grube, M. 2020. Lichens redefined as complex ecosystems. *New Phytologist*, 227: 1281–1283.
- Hawksworth, D.L. and Lücking R. 2017. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. 2016.
- Heink, U. & Kowarick, I. 2010. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological Indicators* 10: 548–598.
- Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54(2):427–432.
- Hodkinson, B.P., Lutzoni, F. 2009. A microbiotic survey of lichen-associated bacteria reveals a new lineage from the Rhizobiales. *Symbiosis*, 49(3): 163–180.
- Horner-Devine, M.C., Silver, J.M., Leibold, M.A., Bohannan, B.J.M., Colwell, R.K., Fuhrman, J.A., Green, J.L., Kuske, C.R., Martiny, J.B.H., Muyzer, G., Øvreås, L., Reysenbach, A., Smith, V.H. 2007. A comparison of taxon co-occurrence patterns for macro- and microorganisms. *Ecology*, 88(6): 1345–1353.
- IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Manuais técnicos em geociências 1. Manual técnico da vegetação brasileira. 2º edição. Rio de Janeiro.
- ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2016. Plano de manejo da Floresta Nacional Restinga de Cabedelo (FLONA de Cabedelo).

- ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2017. REbio de Pedra Talhada. <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/plano-de-manejo>. [Accessed in 19.11.19].
- IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. 2014. Plano de manejo Parque Estadual Mata da Pipa (PE Mata da Pipa).
- Ing, B. (1983): A ravine association of Myxomycetes. - J. Biogeography 10: 299-306.
- Ing, B. 1994. The phytosociology of myxomycetes. *New Phytologist*, 126: 175–201.
- Ing, B. 1998. Alpine Myxomycetes Scotland. *Botanical Journal of Scotland*, 50(1): 47–53.
- Ing, B., Stephenson, S.L. 2017. The history of the study of Myxomycetes. In: Stephenson, S.L., Rojas, C. *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography and Ecology*. Elsevier Academic Press, pp. 41–80.
- Jungbluth, P., Marcelli, M.P. 2011. The *Pyxine pungens* complex in São Paulo State, Brazil. *The Bryologist*, 114 (1): 166–177.
- Junior, J.L.R., Ré-Poppi, N., Honda, N.K. 2007. Avaliação da concentração de alguns íons metálicos em diferentes espécies de líquens do cerrado Sul-mato-grossense. *Quim. Nova*, 30 (3): 582–587.
- Käffer, M.I. 2005. Estudo de líquens corticícolas foliosos em um mosaico de vegetação no Sul do Brasil. Dissertação. Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos. São Leopoldo (Rio Grande do Sul), p. 15.
- Käffer, M.I., Cáceres, M.E.S., Vargas, V.M.F., Martins, S.M.A. 2010b. New records of corticolous crustose lichens from southern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 24 (4): 948–951.
- Käffer, M.I., Marcelli, M.P., Ganade, G. 2010a. Distribution and composition of the lichenized mycota in a landscape mosaic of southern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 24 (3): 790–802.
- Kalwij, J. M., Wagner, H. H. & Scheidegger, C. 2005. Effects of stand-level disturbances on the spatial distribution of a lichen indicator. *Ecological Applications*, 15: 2015–2024.
- Kalyanasundaran, I. 2004. A positive ecological role for tropical Myxomycetes in association with bacteria. *Proceeding of the Fourth International Congress on Systematics and Ecology of Myxomycetes. Systematics and Geography of Plants, Nacional Botanic Garden (Belgium)*, 74: 239–242.
- Katherine E. Winsett, Thomas E.E. dela Cruz, Diana Wrigley de Basanta. 2017. Myxomycetes in Education: The Use of These Organisms in Promoting Active and Engaged Learning. *In: Myxomycetes. Biology, Systematics, Biogeography and Ecology*. Stephenson, S.L., Rojas, C. Elsevier pp. 389–411.

- Kearse, M., R. Moir, A. Wilson, S. Stones-Havas, M. Cheung, S. Sturrock, S. Buxton, et al. 2012. Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics* (Oxford, England) 28: 1647–1649.
- Keller, H. W., Everhart, S. E., Skrabal, M. , Kilgore, C. M. 2009. Tree canopy biodiversity in temperate forests: exploring islands in the sky. *Southeastern Biology*, 1: 52–74.
- Keller, H.W., Everhart, S.E., Kilgore, C.W. 2017. The Myxomycetes: Introduction, Basic Biology, Life Cycles, Genetics, and Reproduction. In: Stephenson, S.L., Rojas, C. *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography and Ecology*. Elsevier Academic Press, pp. 1–40.
- Kendrick, B. 2000. *The Fifth Kingdom*. 3rd edition. Focus Publishing, Newburyport.
- Kirschner, R., Villarreal, S.R.V., Bernal, V.J.A. 2017. First record of association of gall midges (Cecidomyiidae, Diptera) with a slime mold (*Fuligo candida*, Myxomycetes) in the tropics. *Tropical Ecology*, 58(3): 667–672.
- Kitajima, K., Mulkey, S.S., Wright, S.J. 2005. Variation in Crown Light Utilization Characteristics among Tropical Canopy Trees. 2005. *Annals of Botany*, 95 (3): 535–547.
- Koch, N.M., Martins, S.M.A., Lucheta, F., Müller, S.C. 2013. Functional diversity and traits assembly patterns of lichens as indicators of successional stages in a tropical rainforest. *Ecological Indicators*, 34: 22-30.
- Kohlmeyer, J. 1969. Ecological notes on fungi in mangrove forests. *Transactions of the British Mycological Society*, 53: 237–250.
- Kularatne, K. I. A., Freitas, C. R. 2013. Epiphytic lichens as biomonitors of airborne heavy metal pollution. *Environmental and Experimental Botany*, 88: 24–32.
- Lado, C. 2018. An on-line nomenclatural information system of Eumycetozoa. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid. <http://www.nomen.eumycetozoa.com/>. Accessed 14 July 2018.
- Lawrey, J.D. 1980. Sexual and asexual reproductive patterns in *Parmotrema* (Parmeliaceae) that correlate with latitude. *The Bryologist*, 83(3): 344–350.
- Lawrey, J.D., Diederich, P. 2003. Lichenicolous fungi: Interactions, evolution, and biodiversity. *The Bryologist*, 106(1): 80–120.
- Legendre, L., & P. Legendre. 1998. Numerical ecology. Second English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam, The Netherlands.
- Lemos, D.B.N. 2010. Reticulariaceae (Myxomycetes) em fragmentos de Floresta Atlântica no Centro de Endemismo Pernambuco. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Biologia de Fungos, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.
- Lemos, D.B.N., Agra, L.A.N.N., Iannuzzi L., Bezerra, M.F.A. & Cavalcanti, L.H. 2010. Co-existence of myxomycetes and beetles in an Atlantic Rainforest remnant of Pernambuco,

Brazil, with emphasis on staphylinids (Coleoptera: Staphylinidae). *Journal of Natural History*, 44 (21–22): 1365–1376.

Lima, E.L. 2013. Riqueza e composição de líquens corticícolas crostosos em área de Caatinga no Estado de Pernambuco. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Biologia de Fungos, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

Lima, G.S.L. 2010. Composição florística e estudo químico da flora aromática na Restinga da APA-Algodoal/Maiandeuá, Maracaná-PA, Brasil. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural da Amazônia / Museu Paraense Emílio Goeldi.

MacArthur, R.H. 1962. Some generalized theorems of natural selection. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 48: 1893–1897.

MacArthur, R.H., Wilson, E.O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. USA.

Madelin, M.F. 1986. Myxomycete data of ecological significance. *Transactions of the British Mycological Society*, 83: 1–19.

Madelin, M.F., Audus, F., Knowles, D. 1975. Attraction of plasmodia of the myxomycete *Badhamia utricularis* by extracts of the basidiomycete, *Stereum hirsutum*. *Microbiology*, 89: 229–234.

Maia, L.P., Lacerda, L.D., Monteiro, L.H.U., Souza, G.M. 2005. Estudo das áreas de manguezais do Nordeste do Brasil: avaliação das áreas de Manguezais dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Universidade Federal do Ceará – Instituto de Ciências do Mar / Sociedade internacional para ecossistemas de Manguezal (ISME).

Marcelli, M.P. 1987. Ecologia dos líquens dos manguezais da Região Sul-Sudeste do Brasil, com especial atenção ao de Itanhaém (SP). Botânica. Tese, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Marcelli, M.P. 1992. Ecologia líquênica nos manguezais do Sul-Sudeste brasileiro. J. Cramer. Berlin, Stuttgart.

Marcelli, M.P., Benatti, M.N. 2010. Espécies de *Parmotrema* (Parmeliaceae, Ascomycota) do litoral centro-sul do Estado de São Paulo II. Grupos químicos norstictico e salazínico. *Acta Botanica Brasilica*, 24(1): 153–168.

Marcelli, M.P., Benatti, M.N. 2011. Espécies de *Parmotrema* (Parmeliaceae, Ascomycota) do litoral centro-sul do Estado de São Paulo V. Grupo químico alectorônico. *Revista Brasileira de Botânica*, 34 (3): 261–283.

Mark K, Laanisto L, Bueno CG, Niinemets U, Keller C, Scheidegger C. 2020. Contrasting co-occurrence patterns of photobiont and cystobasidiomycete yeast associated with common epiphytic lichen species. *New Phytologist*, 227: 1362–1375.

- Martin, G. W., Alexopoulos, C. J. 1969. *The Myxomycetes*. University of Iowa Press, Iowa.
- Martin, G. W., Alexopoulos, C. J., Farr, M. L. 1983. *Genera of Myxomycetes*. Iowa City, University of Iowa press.
- Martinelli, G., Vieira, C. M., Gonzalez, C., Leitman, P., Piratininga, A., Costa, A. F., Forzza, R. C. 2008. Bromeliaceae da Mata Atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. *Rodriguésia*, 59(1): 209–258.
- Martins, S.M.A. 2006. Estudo da comunidade liquenizada epífita em *Dodonaea viscosa* L. na Restinga do Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS. Tese, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, Brasil.
- Martins, S.M.A., Marcelli, M.P. 2011. Specific distribution of lichens on *Dodonaea viscosa* L. in the restinga area of Itapuã State Park in Southern Brazil. *Hoehnea*, 38(3): 397–411.
- Martins-Mazzitelli, S. M. A. & M. P. Marcelli. 2011. Specific distribution of lichens on *Dodonaea viscosa* L. in the restinga area of Itapuã State Park in Southern Brazil. *São Paulo. Hoehnea* 38: 397-411.
- Martiny, J.B., Bohannan, B.J.M., Brown, J.H., Colwell, R.K., Fuhrman, J.A., Green, J.L., Horner-Devine, M.C., Kane, M., Krumins, J.A., Kuske, C.R., Morin, P.J., Naeem, S., Øvreås, L., Reysenbach, A., Smith, V.H., Staley, J.T. 2006. Microbial biogeography: putting microorganisms on the map. *Nature Reviews Microbiology*, 4:102–112.
- McCune, B. & J.B. Grace. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. MjM Press, Oregon.
- McCune, B., Mefford, M.J. 2011. *PC-ORD: Multivariate Analysis of Ecological Data: MjM Software Design*.
- Mendonça, C.O. 2014. Influência de diferentes estágios sucessionais na composição e riqueza de líquens na caatinga. Dissertação (Ecologia e conservação). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. Pp.104.
- Menezes, A.A. 2013. Riqueza e composição de líquens corticícolas crostosos em área de caatinga no estado de Pernambuco. Dissertação. Programa de Pós-graduação em ecologia e conservação. Sergipe, Brasil.
- Menezes, A.A., Leite, A.B.X., Otsuka, A.Y., Jesus, L.S., Cáceres, M.E.S. 2011. New records of crustose and microfoliose corticolous lichens in Caatinga vegetation of the semi-arid region in Alagoas. *Acta Botanica Brasilica*, 25 (4): 885–889.
- Microbiol Spectrum 5(4):FUNK-0052-2016. In: Joseph Heitman Barbara J. Howlett Pedro W. Crous Eva H. Stukenbrock Timothy Y. James Neil A. R. Gow. *The Fungal Kingdom*, 1–18.
- Myers, N. 1988. Threatened Biotas: "Hot Spots" in Tropical Forests. *Upper Meadow, Old Road, Oxford*, 8 (3): 187–208.

- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B., Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853–858.
- Nadia, T.L., Menezes, N.L., Machado, I.C. 2013. Floral traits and reproduction of *Avicennia schaueriana* Moldenke (Acanthaceae): a generalist pollination system in the Lamiales. *Plant Species Biology*, 28: 70–80.
- Nash, T. H. 2008. *Lichen biology*. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press.
- Nash, T.H. 1996. Nutrients, elemental accumulation and mineral cycling. In: *Lichen biology*. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, pp. 136–153.
- Niemi, G.J. & McDonald, M.E. 2004. Application of ecological indicators. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 89–111.
- Nordesta (Reforestation & education). <http://www.nordesta.org/en/projects/view/pedra-talhada-biologica-reserve>. [Accessed in 19.11.19].
- Novozhilov, I.K., Rollins, A.W., Schnittler, M. 2017. Ecology and distribution of Myxomycetes. In: Stephenson, S.L., Rojas, C. *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography, and Ecology*. Elsevier Academic Press, pp. 253–297.
- Novozhilov, I.K., Rollins, A.W., Schnittler, M. 2017. Ecology and distribution of Myxomycetes. In: Stephenson, S.L., Rojas, C. *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography, and Ecology*. Elsevier Academic Press, pp. 253–297.
- Novozhilov, I.K., Schnittler, M., Zemlianskaia, I., Fefelov, K.A. 2000. Biodiversity of plasmodial slime moulds (Myxogastria): measurement and interpretation. *Protistology*, 1 (4): 161–178.
- Novozhilov, Y. 2014. New species of *Diderma* from Vietnam. *Mycosphere*, 5: 554–564.
- Nusbaumer, L., Barbosa, M.G.V., Thomas, W.W., Alves, M.V., Loizeau, P., Spichiger. 2015. Flora e vegetação da Reserva Biológica de Pedra Talhada. In: Studer, A., Nusbaumer, L., Spichiger, R. *Biodiversidade da Reserva Biológica de Pedra Talhada (Alagoas, Pernambuco - Brasil)*. *Boissiera*, 68: 59–83.
- Örjan, F., Mats, N., Marcin, C. 2008. Tree age is a key factor for the conservation of epiphytic lichens and bryophytes in beech forests. *Applied Vegetation Science*, 12: 93–106.
- Ovaskainen, O., Hottola, J., Siitonen, J. 2010. Modeling species co-occurrence by multivariate logistic regression generates new hypotheses on fungal interactions. *Ecology*, 91 (9): 2514–2521.
- Pawlowski, J., Burki, F. 2009. Untangling the phylogeny of amoeboid protist. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 56: 16–25.
- Pianka, E. R. 1978. *Evolutionary Ecology*. 2nd edition. Harper and Row, New York.

- Pianka, E.R. 1970. On r- and k- selection. *American Naturalist*, 104: 592–597.
- Posada, D. 2008. jModelTest: Phylogenetic Model Averaging. *Molecular Biology and Evolution* 25: 1253–1256.
- Poulain M., Meyer M., Bozonnet J. 2011. *Les Myxomycètes*. Sévrier, Fédération Mycologique et Botanique Dauphiné-Savoie, pp. 1–568.
- Powell, N.V. 2013. coocorrência de mixomicetos e fungos lignocelulolíticos afiloforoides em ambiente de Floresta Atlântica no Sul do estado da Bahia, Nordeste do Brasil. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Biologia de Fungos, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.
- Qi-Sha Liu, Shu-Zhen Yan & Shuang-Lin Chen. 2015. Species diversity of myxomycetes associated with different terrestrial ecosystems, substrata (microhabitats) and environmental factors. *Mycological Progress*, 14:27.
- Rambaut A. 2014. FigTree. v. 1.4. 2: Tree drawing tool. <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>. Accessed 5 Aug 2020.
- Rambaut, A. & Drummond, A.J. 2009. Tracer v1.5 (online). Available from: <http://beast.bio.ed.ac.uk/Tracer> (accessed 1 January 2020).
- Rambaut, A., A. J. Drummond, D. Xie, G. Baele, and M. A. Suchard. 2018. Posterior Summarization in Bayesian Phylogenetics Using Tracer 1.7. *Systematic Biology* 67: 901–904.
- Redzic, S., Barudanovic, S., Pilipovic, S. 2010. Wild mushrooms and lichens used as human food for survival in war conditions; Podrinje - Zepa Region (Bosnia and Herzegovina, W. Balkan). *Human Ecology Review*, 17 (2): 175–187.
- Ricklefs, R.E. 2010. *Economia da Natureza*. 6th edition. New York. W.H. Freeman and Company.
- Roda, S.A., Pereira, G.A. 2006. Distribuição recente e conservação das aves de rapina florestais do Centro de Endemismo Pernambuco. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 14 (4): 331–344.
- Rogers, R. W. 1990. Ecological strategies of lichens. *Lichenologist*, 22(2): 149–162.
- Rolim, G.S., Camargo, M.B.P., Lania, D.G., Moraes. J.F.L. 2007. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia*, 66 (4): 711–720.
- Rosabal, D., Burgaz, E.R. & Reyes, O.J. 2013. Substrate preferences and phorophyte specificity of corticolous lichens on five tree species of the montane rainforest of Gran Piedra, Santiago de Cuba. *The Bryologist*, 116(2) : 113-121.
- Rufino, M. U. L., Cavalcanti, L.H. 2007. Alterations in the lignicolous Myxomycete biota over two decades at the Dois Irmãos Ecologic State Reserve, Recife, Pernambuco, Brazil. *Fungal Diversity*, 24: 159–171.

- Salvador, R.B., Charles, L., Simone, L.R.L., Maestrati, P. Terrestrial gastropods from Pedra Talhada Biological Reserve, Alagoas State, Brazil, with the description of a new species of *Radiodiscus* (Gastropoda: Charopidae). 2018. *Archiv fur Molluskenkunde*, 147 (1): 101–128.
- Sanders, W. B. 2001. Lichens: The interface between mycology and plant morphology. *BioScience*, 51: 1025–1035.
- Santos, G.D. 2009. Myxomycetes ocorrentes nos Manguezais de Rio Formoso e Rio dos Passos, litoral Sul de Pernambuco, Brasil. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Biologia de Fungos, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumbreras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Araujo Filho, J.C., Oliveira, J.B., Cunha, T.J.F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. EMBRAPA. 5. Ed. Ver. E ampl. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.
- Santos, S., Moraes, M.L.L., Rezende, M.O.O., Souza Filho, A.P.S. 2011. Potencial alelopático e identificação de compostos secundários em extratos de *Calopogônio* (*Calopogonium mucunoides*) utilizando eletroforese capilar. *Eclética química*, 36(2): 51–68.
- Santos, T.O., Andrade, K.V.S., Santos, H.V.S., Castaneda, D. A. F. G., Santana, M. B. S., Holanda, F. S. R., Santos, M. J. C. 2012. Caracterização estrutural de bosques de mangue: Estuário do São Francisco. *Scientia Plena*, 8(4): 1–7.
- Schneider, J. A.O., Teixeira, R.L. 2001. Relacionamento entre anfíbios anuros e bromélias da Restinga de Regência, Linhares, Espírito Santo, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 91: 41–48.
- Schnittler, M. 2001. Foliicolous liverworts as a microhabitat for Neotropical Myxomycetes. *Nova Hedwigia*, 72: 259–270.
- Schnittler, M., Dagamac, N.H.A., Novozhilov, Y.K. 2017. Biogeographical Patterns in Myxomycetes. *In: Myxomycetes. Biology, Systematics, Biogeography and Ecology*. Stephenson, S.L., Rojas, C. Elsevier pp. 299–319.
- Schnittler, M., Dagamac, N.H.A., Novozhilov, Y.K. 2017. Biogeographical patterns in myxomycetes. *In: Stephenson, S.L., Rojas, C. Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography, and Ecology*. Elsevier Academic Press, pp. 299–330.
- Schnittler, M., Novozhilov, Y.K. 1998. Late-autumn myxomycetes of the northern Ammergauer Alps. - *Nova Hedwigia* 66: 205–222.
- Schwendener, S. 1868. Ueber die Beziehungen zwischen Algen und Flechtengonidien. *Botanische Zeitung*, 26: 289–292.
- Silva, C.F., Cavalcanti, L.H. 2010. Myxobiota of the Brazilian Atlantic Forest: Species on oil palm tree (*Elaeis guineensis* Jacq., Arecaceae). *Rodriguesia*, 61: 575–583.
- Silva, M.A.B., Bernini, E., Carmo, T.M.S. 2005. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19(3): 465–471.

- Silva, S.M. 1999. Diagnósticos das restingas do Brasil. In: *Workshop de avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha*. Porto Seguro, Fundação BIORIO.
- Silva, V.P.R., Pereira, E.R.R., Azevedo, P.V., Sousa, F.A.S., Sousa, I.F. 2011. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(2): 131–138.
- Singh, G., Dal Grande, F., Divakar, P.K., Otte, J., Crespo, A., Schmitt, I. 2017. Fungal–algal association patterns in lichen symbiosis linked to macroclimate. *New Phytologist*, 214: 317–329.
- Snell, K. L., Keller, H. W. 2003. Vertical distribution and assemblages of corticolous myxomycetes on five tree species in the Great Smoky Mountains National Park. *Mycologia*, 95(4): 565–576.
- Sonego, R.C., Backes, A., Souza, A.F. 2007. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostra. *Acta BotBras*, 21:943–955.
- Souza, D. R., Souza, A. L., Gama, J. R. V., Leite, H. G. 2003. Emprego de análise multivariada para estratificação vertical de florestas inequidâneas. *Revista Árvore*, Viçosa, 27(1): 59–63.
- Spribille, T., Tuovinen, V., Resl, P., Vanderpool, D., Wolinski, H., Aime, M.C., Schneider, K., Stabentheiner, E., Toome-Heller, M., Thor, H., Mayrhofer, H., Johannesson, H., McCutcheon, J.P. 2016. Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. *Science*, 1–10.
- Stamatakis, A. 2006. RAxML-VI-HPC: maximum likelihood-based phylogenetic analyses with thousands of taxa and mixed models. *Bioinformatics (Oxford, England)* 22: 2688–2690.
- Steel, J.B., Wilson, J.B. 2003. Which is the phyte in epiphyte???? *Folia Geobotanica*, 38(1): 97–99.
- Stephenson, S.L., Rojas, C. 2017. *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography, and Ecology*. Elsevier, pp. 1–437.
- Stevens, G.N. 1979. Distribution and related Ecology East Australian Coast of Macrolichens on Mangroves on the east Australian coast. *Lichenologist*, 11(3): 293–305.
- Stevens, G.N., Rogers, R.W. 1979. The Macrolichens Flora from the Mangroves of Moreton Bay. *Proceedings of the Royal Society of Queensland*, 90: 33–49.
- Stone, L., Roberts, A. 1990. The Checkerboard Score and Species Distributions. *Oecologia* 85: 74–79.
- Studer, A., Nusbaumer, L., Spichiger, R. 2015. *Biodiversidade da Reserva Biológica de Pedra Talhada (Alagoas, Pernambuco - Brasil)*. *Boissiera* 68: 1–818.
- Tabarelli, M., Santos, A.M.M. 2004. Uma breve descrição sobre a história natural dos Brejos Nordestinos. In: Pôrto, K.C., Cabral, J.J.P., Tabarelli, M. *Brejos de altitude em Pernambuco e*

- Paraíba: história natural, ecologia e conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, pp. 17–24.
- Tabarelli, M., Siqueira-Filho, J.A., Santos, A.M.M. 2006. Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco. In: Pôrto, K.A., Almeida-Cortez, J.S., Tabarelli, M. *Biodiversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, pp. 25–40.
- Trierveiler-Pereira, L., Baltazar, J.M., Loguercio-Leite, C. 2008. Santa Catarina Island mangroves – First report of Myxomycetes on *Avicennia schaueriana*. *Mycotaxon*, 103:145–152.
- Uchoa Neto, C.A.M., Tabarelli, M. 2002. Diagnóstico e estratégia de conservação do Centro de Endemismo Pernambuco. Conservation International do Brasil, Recife, pp. 1–41.
- Ugland, K.I., Gray, J.S., Ellingsen, K.E. 2003. The species–accumulation curve and estimation of species richness. *Journal of Animal Ecology*, 72: 888–897.
- Varvaresou, A., Papageorgiou, S., Tsirivas, E., Protopapa, E., Kintziou, H., Kefala, V., Demetzosà, C. 2009. Self-preserving cosmetics. *International Journal of Cosmetic Science*, 31: 163–175.
- Veech, J.A. 2013. A probabilistic model for analyzing species co-occurrence. *Global Ecology and Biogeography*, 22: 252–260.
- Veloso, H.P., Rangel, F.A.L.R., Lima, J.C.A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro. IBGE – DERMA, pp. 1–124.
- Walker, L.M., Hoppe, T., Silliker, M.E. 2017. Molecular Techniques and Current Research Approaches. Part b: comparative molecular biology and use of myxomycetes as model organisms. In: *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography, and Ecology*. Elsevier Academic Press, pp. 154–173.
- Webster, J., Weber, R.W.S. 2007. *Introduction to Fungi*. Cambridge University Press, 3rd edition, pp. 1–817.
- Will-Wolf, S., Lücking, R. 2016. Lichen ecology. Oxford Bibliographies. Ecology, pp. 1–43.
- Zickel, C.S, Vicente, A, Almeida, Jr; Cantarelli, J.R, Sacramento, A.C. 2004. Flora e vegetação das restingas no Nordeste Brasileiro. In Eskinazi-Leça, E, Neumann-Leitão, S, Costa, M.F. *Oceanografia: um cenário tropical*. Recife, pp. 689–701.

APÊNDICE A - Publicações com relatos de coexistência e/ou associações entre mixomicetos e/ou líquens e outros organismos.

| Autor(es) | Ano | Organismos envolvidos | Ambiente/ substrato | País |
|--|------------|--|----------------------------|----------------|
| Kaiser, G.B. ¹ | 1913 | Mixomicetos e briófitas | – | Estados Unidos |
| Howard, E.L., Currie, M.E. ² | 1932 | Mixomicetos e fungos | Tronco morto/ cultivo | Estados Unidos |
| Zabka, G. G. and Lazo, W. R. ³ | 1962 | Mixomicetos e algas | – | Estados Unidos |
| Gray, W. D., Alexopoulos, C. J. ⁴ | 1968 | Mixomicetos e fungos | – | – |
| Dudka, I.O., Smitska, M.F., Smyk, L.V., Merezko, T.O. ⁵ | 1976 | Mixomicetos e fungos | – | Ucrânia |
| Brooks, T. E., Keller, H. W., Chassain, M. ⁶ | 1977 | Mixomicetos, musgos, hepáticas e líquens | Sobre árvores | Estados Unidos |
| Lawrence, J.F., Newton, A.F. ⁷ | 1980 | Mixomicetos e insetos | – | Estados Unidos |
| Wheeler, Q.D. ⁸ | 1980 | Mixomicetos e insetos | – | Panamá |
| Blackwell, M., Laman, T.G., Gilbertson, R.L. ⁹ | 1982 | Mixomicetos e insetos | – | Estados Unidos |
| Ing, B. ¹⁰ | 1983 | Mixomicetos e briófitas | Tronco morto | Reino Unido |
| Blackwell, M. ¹¹ | 1984 | Mixomicetos e artrópodes | – | Estados Unidos |
| Newton A.F. ¹² | 1984 | Mixomicetos e insetos | – | Estados Unidos |
| Stephenson, S.L., Studlar, S.M. ¹³ | 1985 | Mixomicetos e briófitas | Floresta Temperada | Estados Unidos |
| Wheeler, Q.D. ¹⁴ | 1987 | Mixomicetos, insetos e fungos | Sobre tronco | Estados Unidos |

| | | | | |
|--|------|--|--|-------------------|
| Newton, A.F., Stephenson, S.L. ¹⁵ | 1990 | Mixomicetos e insetos | – | Índia |
| Amewowor, D. Madelin, M.F. ¹⁶ | 1991 | Mixomicetos, dictiostelideos, amebas, ciliados, nematoides, bactérias e fungos. | Cultivo de hortaliças | Inglaterra |
| Kylin, H. ¹⁷ | 1991 | Mixomicetos e tardigrades (Artrópodes) | – | – |
| Rogerson, C.T., Stephenson, S.L. ¹⁸ | 1993 | Mixomicetos e fungos | – | Estados Unidos |
| Ing, B. ¹⁹ | 1994 | Mixomicetos, líquens, briófitas e hepáticas | – | – |
| Stephenson, S.L., Wheeler, Q.D., McHugh, J.V., Frassiniet, P.R. ²⁰ | 1994 | Mixomicetos e insetos | – | Estados Unidos |
| Schnittler, M., Novozhilov, Y.K. ²¹ | 1996 | Mixomicetos, musgos e líquens | Floresta boreal | Rússia |
| Schnittler, M., Novozhilov, Y.K. ²² | 1998 | Mixomicetos, briófitas e hepáticas | Madeira morta e casca/ Florestas alpinas | Alemanha |
| Ing, B. ²³ | 1999 | Mixomicetos, briófitas e hepáticas | Tronco morto | Estados Unidos |
| Schnittler, M., Stephenson, S.L., Novozhilov, Y.K. ²⁴ | 2000 | Mixomicetos e briófitas | Madeira | Mundo |
| Schnittler, M. ²⁵ | 2001 | Mixomicetos e mixomicetos | Arbustos | Cazaquistão |
| Schnittler, M. ²⁶ | 2001 | Mixomicetos, hepáticas e líquens | Folhas/ floresta úmida | Equador |
| Keller, H.W., K.L. ²⁷ | 2002 | Mixomicetos e fungos | Solo e árvores | Estados Unidos |
| Dudka, I.O., T.A., Romanenko, K.O. ²⁸ | 2002 | Mixomicetos e insetos | – | Ucrânia |

| | | | | |
|---|------|--|---|---|
| Härkönen, M., Rikkinen J., Ukkola T., Enroth J., Virtanen, V. ²⁹ | 2002 | Mixomicetos e briófitas | Casca de árvore | China |
| Kalyanasundaram, I. ³⁰ | 2004 | Mixomicetos e bactérias | – | Índia |
| Dudka, I.O., Romanenko, K.O. ³¹ | 2006 | Mixomicetos, Briófitas, hepáticas, fungos e insetos | Troncos mortos | Ucrânia |
| Smith, T., Stephenson, S.L. ³² | 2007 | Mixomicetos, algas e hapáticas | Floresta temperada | Estados Unidos |
| Stephenson, S.L., Wheeler, Q.D., McHugh, J.V., Fraissinet, P.R. ³³ | 2007 | Mixomicetos e insetos | – | Estados Unidos |
| Keller, H. W., Kilgore, C.M., Everhart, S.E., Carmack, G.J., Crabtree, C.D., Scarborough, A.R. ³⁴ | 2008 | Mixomicetos e fungos | – | Estados Unidos |
| Lemos, D.B.N., Agra, L.A.N.N., Iannuzzi L., Bezerra, M.F.A. & Cavalcanti, L.H. ³⁵ | 2010 | Mixomicetos e insetos | Troncos/ Floresta Atlântica | Brasil |
| Schnittler, M., Unterseher, M., Pfeiffer, T., Novozhilov, Y.K., Fiore-Donno, A.M. ³⁶ | 2010 | Mixomicetos, briófitas e algas | Sobre rochas/Flores tas diversas | Alemanha saxônica |
| Powell, N.V. ³⁷ | 2013 | Mixomicetos e fungos | Tronco morto/ Floresta atlântica | Brasil |
| Anderson, O.R. ³⁸ | 2014 | Mixomicetos, protistas ameboides, bactérias e liquens. | Sobre tronco | Estados Unidos, Alemanha, Austrália, ártico |
| Bock, N., Anderson, O.R. ³⁹ | 2015 | Mixomicetos, liquens, nanoflagelados heterotróficos e amebas | Sobre rochas e cascas de árvores | Estados Unidos |

| nuas. | | | | | |
|---|------|--|--|----------|--|
| Kirschner, R., Villarreal, S.R.V., Bernal, V.J.A. ⁴⁰ | 2017 | Mixomicetos e insetos | Sobre árvore/ Floresta tropical de terras baixas | Panamá | |
| Stephenson, S.L., Rojas, C. ⁴¹ | 2017 | Mixomicetos e briófitas | – | – | |
| Fukasawa, Y., Hyodo, F., Kawakami, S. ⁴² | 2018 | Mixomicetos e fungos | Madeira morta / Floresta secundária dominada por <i>Pinus</i> e Carvalhos. | Japão | |
| Glime, J. M. ⁴³ | 2019 | Mixomicetos, briófitas, hepáticas e invertebrados | – | Mundo | |
| Dahl, M.B., Brejnrod, A.D., Russel, J., Sørensen, J., Schnittler, M. ⁴⁴ | 2019 | Mixomicetos, fungos e bactérias | Solo de vários tipos de floresta alpinas | Alemanha | |

Números após autores indicam referências.

Fonte: Barbosa, D.I (Autor).

REFERÊNCIAS

- ¹ Kaiser, G. B. 1913. Slime, mould growing on a moss. *Bryologist*, 16: 45.
- ² Howard E.L., Currie M.E. 1932. Parasitism of myxomycete plasmodia on the sporophores of hymenomycetes. *J. Arnold Arboretum*, 13: 270–281.
- ³ Zabka, G. G. and Lazo, W. R. 1962. Reciprocal transfer of materials between algal cells and myxomycete plasmodia in intimate association. *Amer. J. Bot.* 49: 146–148.
- ⁴ Gray, W. D., Alexopoulos, C. J. 1968. *Biology of the Myxomycetes*. The Ronald Press Company, New York.

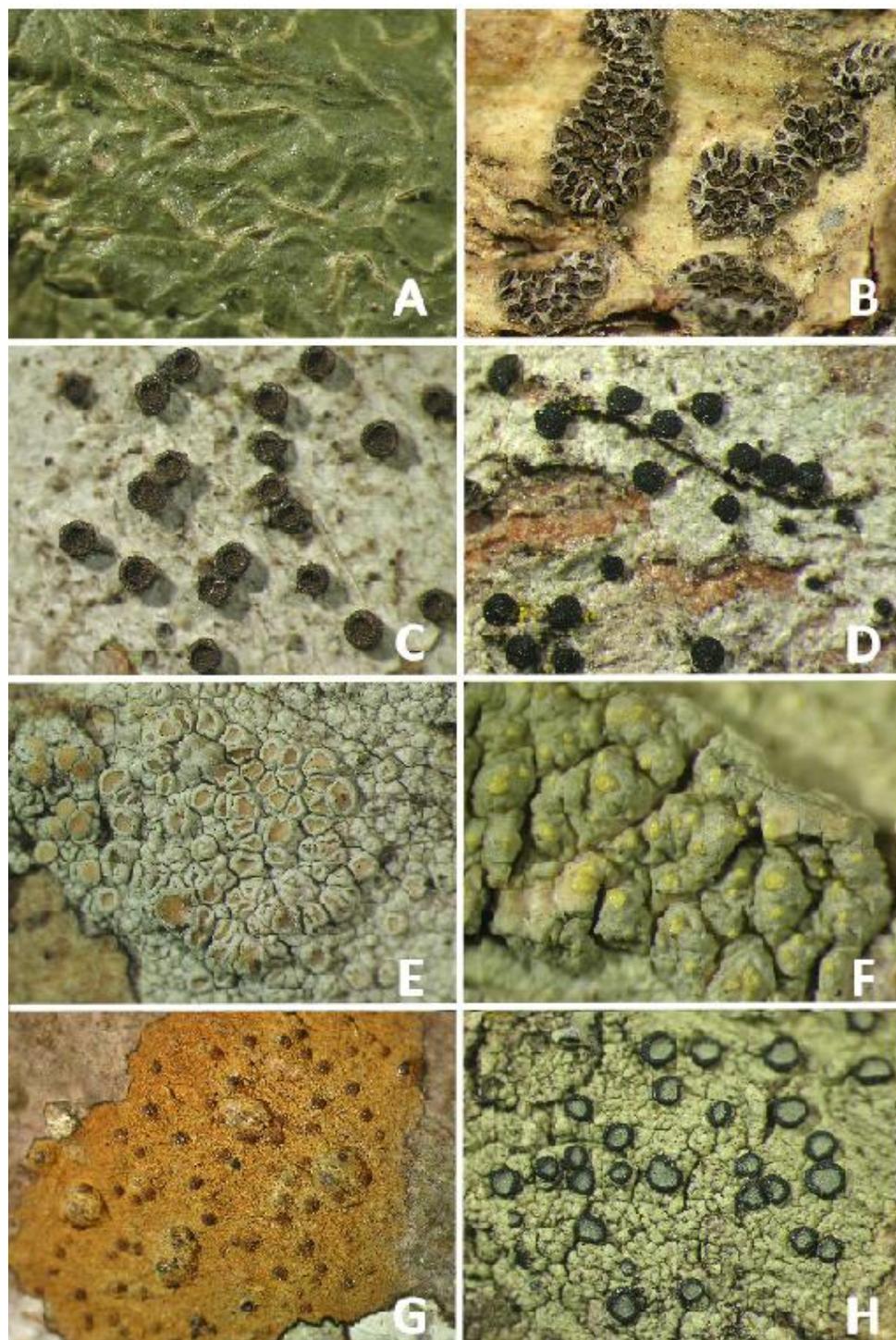
- ⁵ Dudka I.O., Smitska M.F., Smyk L.V., Merezhko T.O. 1976. Some theoretical problems of mycocoenology. II. Consortia and the role of fungi in consortive relations. *Ukr. Bot. J.*, 33(2): 113–124.
- ⁶ Brooks, T. E., Keller, H. W., and Chassain, M. 1977. Corticolous Myxomycetes, VI. A new species of *Diderma*. *Mycologia*, 69: 179–184.
- ⁷ Lawrence J.F., Newton A.F. 1980. Coleoptera associated with the fruiting bodies of slime molds (Myxomycetes). *Coleopterists Bull.*, 14: 129–143.
- ⁸ Wheeler Q.D. 1980. Studies on Neotropical slime mold/beetle relationships. Part I. Natural history and description of a new species of *Anisotoma* from Panama (Coleoptera: Leiodidae). *Proc. Entomolog. Soc.*, 82: 493–498.
- ⁹ Blackwell M., Laman T.G., Gilbertson R.L. 1982. Spore dispersal of *Fuligo septica* (Myxomycetes) by latridiid beetles. *Mycotaxon*, 14:58–60.
- ¹⁰ Ing, B., 1983. A ravine association of myxomycetes. *J. Biogeogr.*, 10: 299.
- ¹¹ Blackwell M. 1984. Myxomycetes and their arthropod associates. *Fungus Insect Relationship: Perspectives in Ecology and Evolution*. N.Y. Columbia Univ. Press: 67–90.
- ¹² Newton A.F. 1984. Mycophagy in Staphylinoida (Coleoptera). *Fungus Insect Relationship: Perspectives in Ecology and Evolution*. N.Y. Columbia Univ. Press: 302–353.
- ¹³ Stephenson S.L., Studlar S.M. 1985. Myxomycetes fruiting upon bryophytes: coincidence or preference?. *J. Bryol.*, 13: 537–548.
- ¹⁴ Wheeler, Q.D. 1987. A New Species of *Agathidium* Associated with an "Epimycetic" Slime Mold Plasmodium on Pleurotus Fungi (Coleoptera: Leiodidae-Myxomycetes: Physarales-Basidiomycetes: Tricholomataceae). *The Coleopterists Bulletin*, 41(4): 395–403
- ¹⁵ Newton A.F., Stephenson S.L. 1990. A beetle/slime mold assemblage from Northern India (Coleoptera; Myxomycetes). *Oriental Insects*, 24: 197–218.
- ¹⁶ Amewonor, D.H.A.K., Madelin, M.F., 1991. Numbers of myxomycetes and associated microorganisms in the root zones of cabbage (*Brassica-Oleracea*) and broad bean (*Vicia faba*) in field plots. *FEMS Microbiol. Ecol.* 86: 69–82.

- ¹⁷ Kylin, H. 1991. On the feeding habits of a tardigrade: Selective foraging on Myxomycetes. *Mycologist*, 5: 54–55.
- ¹⁸ Rogerson C.T., Stephenson S.L. 1993. Myxomyceticolous fungi. *Mycologia*, 85(3): 456–469.
- ¹⁹ Ing, B. 1994. The phytosociology of myxomycetes. *New Phytologist*, 126: 175–201.
- ²⁰ Stephenson S.L., Wheeler Q.D., McHugh J.V., Frassinetti P.R. 1994. New North American associations of Coleoptera with Myxomycetes. *J. Nat. Hist.*, 28: 921–936.
- ²¹ Schnittler, M., Novozhilov, Y.K., 1996. The myxomycetes of boreal woodlands in Russian northern Karelia: a preliminary report. *Karstenia*, 36: 19–40.
- ²² Schnittler, M., Novozhilov, Y.K., 1998. Late-autumn myxomycetes of the northern Ammergauer Alps. *Nova Hedwigia*, 66: 205–222.
- ²³ Ing B. 1999. The Myxomycetes of Britain and Ireland. An Identification Handbook. The Richmond Publishing Co. Ltd. 374 pp.
- ²⁴ Schnittler, M., Stephenson, S.L. & Novozhilov, Y.K., 2000: Ecology and world distribution of *Barbeyella minutissima* (Myxomycetes). - *Mycol. Res.* 104: 1518–1523.
- ²⁵ Martin Schnittler. 2001. Ecology of myxomycetes of a winter-cold desert in western Kazakhstan. *Mycologia*, 93(4): 653–669.
- ²⁶ Schnittler, M. 2001. Foliicolous liverworts as a microhabitat for Neotropical Myxomycetes. *Nova Hedwigia*, 72: 259-270.
- ²⁷ Keller, H.W., Snell, K.L. 2002. Feeding activities of slugs on Myxomycetes and macrofungi. *Mycologia*, 94(5): 757–760.
- ²⁸ Dudka I.O., Trikhleb T.A., Romanenko K.O. 2002. Associations of myxomycetes with the beetles (Coleoptera, Latridiidae). *Ecol. and Noosphaerol.*, 12 (3 4): 54–64.
- ²⁹ Härkönen M., Rikkinen J., Ukkola T., Enroth J., Virtanen V. et al. 2002. The communities of bryophytes, lichens and myxomycetes on bark of living trees in Hunan, Southern China. 4th Intern. Congress on Systematics and Ecology of Myxomycetes (August 4–9, 2002). *Abstract. Scripta Bot. Belg.*, 22: 36–37.

- ³⁰ Kalyanasundaram, I., 2004. A positive ecological role for tropical myxomycetes in association with bacteria. *Syst. Geogr. Plants*, 74: 239–242.
- ³¹ Dudka, I.A., Romanenko, E.A. 2006. Co-existence and interaction between myxomycetes and other organisms in shared niches. *Acta Mycologica*, 41: 99–112.
- ³² Smith, T. and S.L. Stephenson. 2007. Algae associated with myxomycetes and leafy liverworts on decaying spruce logs. *Castanea*, 72: 50–57.
- ³³ Stephenson, S.L., Wheeler, Q.D., McHugh, J.V. & Fraissinet, P.R. 2007. New North American associations of Coleoptera with Myxomycetes. *Journal of Natural History*, 28: 921–936.
- ³⁴ Keller, H. W., Kilgore, C.M., Everhart, S.E., Carmack, G.J., Crabtree, C.D., Scarborough, A.R. 2008. Myxomycete plasmodia and fruiting bodies: unusual occurrences and user friendly study techniques. *Fungi* 1 (1): 24–37.
- ³⁵ Lemos, D.B.N., Agra, L.A.N.N., Iannuzzi L., Bezerra, M.F.A. & Cavalcanti, L.H. 2010. Co-existence of myxomycetes and beetles in an Atlantic Rainforest remnant of Pernambuco, Brazil, with emphasis on staphylinids (Coleoptera: Staphylinidae). *Journal of Natural History*, 44(21-22): 1365-1376.
- ³⁶ Schnittler, M., Unterseher, M., Pfeiffer, T., Novozhilov, Y.K., Fiore-Donno, A.M., 2010. Ecology of sandstone ravine myxomycetes from Saxonian Switzerland (Germany). *Nova Hedwigia*, 90: 227–302.
- ³⁷ Powell, N.V. 2013. Coocorrência de mixomicetos e fungos lignocelulolíticos afiloforoides em ambiente de floresta atlântica no sul do estado da bahia, Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado, Biologia de Fungos, pp.1–68.
- ³⁸ Anderson, O.R. 2014. Microbial communities associated with tree bark foliose lichens: A perspective on their Microecology. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 61: 364–370.
- ³⁹ Bock, N., Anderson, O.R. 2015. Eukaryotic microbial communities associated with rock-dwelling foliose lichens: A functional morphological and microecological analysis. *Acta Protozoologica*, 54: 265–273.

- ⁴⁰ Kirschner, R., Villarreal, S.R.V., Bernal, V.J.A. 2017. First record of association of gall midges (Cecidomyiidae, Diptera) with a slime mold (*Fuligo candida*, Myxomycetes) in the tropics. *Tropical Ecology*, 58(3): 667–672.
- ⁴¹ Stephenson, S.L., Rojas, C. 2017. *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography, and Ecology*. Elsevier, pp. 1–437.
- ⁴² Yu Fukasawaa, Fujio Hyodo, Shin-ichi Kawakami. 2018. Foraging association between myxomycetes and fungal communities on coarse woody debris. *Soil Biology and Chemistry* 121: 95–102.
- ⁴³ Glime, J. M. 2019. Slime Molds: Biology and Diversity. In: Glime, J. M. *Bryophyte Ecology. Bryological Interaction*. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Chapt. 3-1.
- ⁴⁴ Dahl, M.B., Brejnrod, A.D., Russel, J., Sørensen, S.J., Schnittler, M. 2019. Different Degrees of Niche Differentiation for Bacteria, Fungi, and Myxomycetes Within an Elevational Transect in the German Alps. *Microbial Ecology*, 78: 764–780.

APÊNDICE B - Espécies de líquens mais comuns, identificadas nos ecossistemas estudados do Centro de Endemismo Pernambuco.



A- *Fissurina dumastii*, B- *Glyphis cictriosa*, C- *Glyphis scyphulifera*, D- *Hafellia curatellae*, E- *Lecanora helva*, F- *Pertusaria flavens*, G- *Pyrrnula ochraceoflava*, H- *Stigmatocroma gerantoides*.

Créditos (Fotos): Caceres, M.E.