



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

**JANICE GOMES CAVALCANTE**

**CARACTERIZAÇÃO DA LIQUENOBOTA CORTICICOLA CROSTOSA EM  
MANGUEZAIS DO NORDESTE BRASILEIRO**

**RECIFE**

**2020**



**JANICE GOMES CAVALCANTE**

**CARACTERIZAÇÃO DA LIQUENOBOTA CORTICICOLA CROSTOSA EM  
MANGUEZAIS DO NORDESTE BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos do Departamento de Micologia - Centro de Biociências - da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Biologia de Fungos.

**Área de Concentração** Micologia Básica.

**Nome:** Janice Gomes Cavalcante

**Orientadora:** Dra. Marcela Eugenia da Silva Cáceres – Universidade Federal de Sergipe (UFS)

**Coorientadores:** Dr. André Aptroot – HBL, Herbarium, Holanda.

Dra. Edvaneide Leandro de Lima Nascimento – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

**RECIFE**

**2020**

Catálogo na Fonte:  
Bibliotecário: Marcos Antonio Soares da Silva  
CRB4/1381

Cavalcante, Janice Gomes.

Caracterização da liquenobiota corticícola crostosa em manguezais do Nordeste brasileiro. / Janice Gomes Cavalcante – 2020.

83 f. : il., fig.; tab.

Orientadora: Marcela Eugenia da Silva Cáceres.

Coorientadores: André Aptroot; Edvaneide Leandro de Lima Nascimento

Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos do Departamento de Micologia do Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco, 2020.

Inclui referências e apêndice.

1. Levantamento florístico. 2. Fungos liquenizados. 3. Manguezal. I. Cáceres, Marcela Eugenia da Silva. (Orient.). II. Aptroot, André (Coorient.). III. Nascimento, Edvaneide Leandro de Lima. (Coorient.). IV. Título.

579.5

CDD (22.ed.)

UFPE/CB – 2024-016

# **CARACTERIZAÇÃO DA LIQUENOBIOTA CORTICICOLA CROSTOSA EM MANGUEZAIS DO NORDESTE BRASILEIRO**

**JANICE GOMES CAVALCANTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos do Departamento de Micologia do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Biologia de Fungos.

## **Banca Examinadora**

---

Dra. Marcela Eugenia da Silva Cáceres  
Universidade Federal de Sergipe- UFS  
Orientadora

---

Prof. Dra. Laíse de Holanda Cavalcanti Andrade  
Universidade Federal de Sergipe - UFS  
Membro Interno

---

Prof. Dra. Patrícia Vieira Tiago  
Universidade Federal de Pernambuco  
Membro Interno

---

Prof. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira  
Universidade Federal de Pernambuco  
Membro Externo

---

Prof. Dr. Roger Fagner Ribeiro Melo  
Universidade Federal de Pernambuco  
Membro Externo

Recife, 03 de março de 2020

*Pour Dieu, l'intelligence suprême, la cause première de toutes choses.*  
Allan Kardec, 1857

## AGRADECIMENTOS

Estes últimos anos em que esta tese foi construída não deixou de ser uma jornada de desafios, superações e aprendizado. Descobri que esta pesquisa foi uma extensão de minha vida e assim, das pessoas que estiveram ao meu redor. Devido a isso, meus agradecimentos são sinceros e profundos. Agradeço imensamente:

À Universidade Federal de Sergipe – UFS – pelo livre acesso ao LALIQ, Laboratório de Liquenologia, importante ambiente de referência para os líquens do país.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos que com seus técnicos, professores e orientações contribuíram para que me tornasse uma profissional mais qualificada.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE - por garantir o financiamento do projeto, permitindo assim o crescimento e enriquecimento da pesquisa científica nessa região do Nordeste brasileiro.

À minha orientadora, a prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marcela Caceres por quem tenho grande respeito e que aceitou me acompanhar nessa missão e me permitiu aprender o que sei hoje de pesquisa acadêmica.

Ao meu co-orientador o prof. Dr. André Aptroot do HBL, Herbarium (Holanda), um profissional generoso e sempre disponível, sem o qual não seria possível confirmar e/ou identificar tantas espécies em áreas ainda não pesquisadas desse país.

À minha co-orientadora, Prof. Dra. Edvaneide Leandro, cujas sugestões e correções de escrita foram esclarecedoras, importantes e enriquecedoras para a estrutura do trabalho.

Aos amigos Cléverton Mendonça, Dannyelle Andrade, Ana Patrícia Pádua e Paula Passos que tantas vezes foram meu Norte, me dando dicas de trabalho ou mesmo abrigo em suas casas. Obrigada a todos pelo apoio de sempre.

Ao meu marido Valdelei Gomes, meu parceiro de coleta, excelente mateiro de manguezal e sem o qual as coletas, e, portanto o trabalho, não teria sequer se iniciado. Incluo aqui cada barqueiro que nos guiou às regiões pré-selecionadas, auxiliando nas escolhas e orientando a respeito dos benefícios ou riscos potenciais.

Aos meus filhos, Jordanna e Rhuan, que precisaram conviver tantas vezes com minha ausência e ainda assim me motivavam e me davam paz com suas independências. Nenhum projeto de vida será tão grandioso quanto criá-los! Vocês são meus orgulhos.

Aos colegas de turma que tantas vezes deram aquela força extra nas disciplinas, coisa que só quem está no mesmo processo consegue entender.

À minha irmã Luciana Tener e minha sobrinha Amanda Tener sem as quais, talvez, poucas linhas teriam sido efetivamente escritas. Amo vocês, obrigada!

À minha mãe, D. Cleonice, que com suas preces e seus inúmeros pedidos de proteção garantiram a cada viagem, o indispensável suporte espiritual pelo qual sou imensamente grata, visto que mães são fragmentos do TODO e parecem ter acesso direto aos mistérios do universo. Gratidão, mãe!

Ao meu fisioterapeuta Thiago Nickolas pelo suporte físico incalculável, tão necessário para frequentar ambientes extremos. Grata. Que as suas mãos sejam sempre bênçãos na vida de tantos outros.

Agradeço ainda a todos que de modo direto ou indireto, contribuíram para que esse trabalho pudesse ser realizado e concluído com sucesso.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar a micota liquenizada registrada para áreas de mangues da região Nordeste do Brasil. Atualmente, das mais de dezenove mil espécies conhecidas de líquens, pouco mais de 700 estão descritas para áreas de manguezais no mundo, incluindo o Brasil. Florestas tropicais e suas fitofisionomias, entre elas, o manguezal, cobrem cerca de 30% da superfície do planeta. No mundo, mangues ocupam até 152 mil km<sup>2</sup>. Para o Brasil, essa área é inferior a 25 mil km<sup>2</sup>. A costa nordestina abriga cerca de 50% dos manguezais brasileiros. Mangue é um termo não taxonômico usado para descrever um grupo de vegetais adaptados a um hábitat de solo úmido, salino e pobre em oxigênio. Foram pesquisadas nove áreas de proteção ambiental, uma em cada estado da região, sendo cinco estaduais (AL, CE, PE, RN e SE) e quatro federais (BA, MA, PB e PI). Foram analisadas 1694 exsiccatas e 158 espécies de líquens foram registradas, pela primeira vez, para mangues do Nordeste do Brasil. Destas, 145 são novos registros para esse ecossistema, no país. Para as análises, foram construídas planilhas de presença e ausência com o Programa Excel, 2010. O Programa PcOrd 6.20 foi usado na análise dos dados. As espécies se distribuíram em 60 gêneros e 20 famílias, sendo Graphidaceae, Caliciaceae, Pyrenulaceae e Trypetheliaceae as famílias mais representativas. *Lecanora parachroa* e *Pyrenula fluorescensverrucosa* foram duas espécies novas para ciência. *Lecanora helva* foi a única espécie presente em todos os estados. Paraíba foi o estado com o maior número de espécies identificadas (67), seguido pela Bahia (48) e Sergipe (44). Ceará (21) e Piauí (15) foram os estados com a menor ocorrência de espécies. A ordenação NMS formou três grupos de estados (Al, Ba, Pe e Se; Pb e Rn; Ce e Pi), excluindo o Maranhão, que não agrupou com nenhum outro. Apenas Ba, Ma, Pb e Rn apresentaram espécies indicadoras. A análise de Sørensen indicou haver diferença significativa na composição liquênica entre as áreas de mangue e floresta atlântica da região Nordeste. Essa pesquisa traz dados inéditos e relevantes que irão enriquecer o conhecimento sobre líquens de manguezais no país. Trabalhos voltados para o conhecimento ou levantamento da micota liquênica, especialmente nessa fitofisionomia, se mostram necessários e de significativa relevância para a conservação.

**Palavras-chave:** levantamento florístico; lungos liquenizados; manguezal

## ABSTRACT

The goal of this study is to present the lichenized mycota registered for mangrove areas in Northeast Brazil; Currently, more than nineteen thousand species are known, around 700 species are described to mangrove areas around the world, including Brazil. Tropical forests and their phytophysiognomies, including mangrove, cover around 30% of Earth's surface. In the world, mangrove cover up to 152 km<sup>2</sup>. For Brazil, this area is less than 25 thousand km<sup>2</sup>. The northeast coast is home to around 50% of Brazilian mangroves. Mangrove is a non- taxonomic term used to describe a group of well adapted plants that habit a wet, saline, and oxygen-poor soil. Nine protected areas were studied, one in each state in the Northeast, five stated protected (Al, Ce, Pe, Rn and Se) and four federal protected (Ba, Ma, Pb and Pi). 1694 exsiccata were analyzed, and 158 species of lichens were described for the first time for mangrove in Northeast Brazil. 145 are new records<sup>0</sup> for this ecosystem for the country. For the analyses, spreadsheets of presence and absence were created in the Excel program, 2010. The data analyses were conducted by PcOrd 6.20. The species are distributed in 60 genus and 20 families, being – *Lecanora parachroa* and *Pyrenula fluorescensverrucosa* – new registers to science. Graphidaceae, Caliciaceae, Pyrenulaceae and Trypetheliaceae were the most representative families. Paraíba was the state with the highest number of identified species (67) followed by Bahia (48) and Sergipe (44). Ceará (21) and Piauí (15) were the states with the lowest number of occurrences. Three groups of states (AL, BA, PE and SE; PB and RN; CE and PI) were formed by NMS ordination, excluding Maranhão, which didn't group. Only BA, MA, PB and RN showed indicator species. The Sorensen analysis indicated that there is a significant difference in lichen composition between the Mangrove and Atlantic Forest areas in Northeast Brazil. This study brings new and relevant data that will enrich the knowledge about mangrove lichens in the country. Studies focusing on the knowledge and the survey of lichenized mycota, especially to this phytophysiognomies, have shown to be necessary and highly significant.

**Key-words:** floristic survey; lichenized fungi; mangrove.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição das Florestas de Mangue no Mundo.....	21
Figura 2 - Distribuição das florestas de mangue no Brasil.....	24
Figura 3. Composição florística horizontal em ecossistemas de mangue brasileiro proposto por Correia e Sovierzoski (2005).....	27
Figura 4. Mapa das áreas de coleta.....	44
Figura 5. Representação gráfica da metodologia de coleta.....	45
Figura 6. Famílias liquênicas mais representativas.....	53
Figura 7. Gênero por Estado.....	55
Figura 8. Mudanças na composição da comunidade de líquens, com base na ordenação NMS, em áreas de mangue nos Estados do Nordeste.....	56
Figura 9. Ordenação NMS baseada em riqueza de espécies de líquens de áreas mangue no Nordeste, os vetores representam os gêneros que foram correlacionados com os eixos da ordenação.....	56
Figura 10. Correlação de Pearson entre os gêneros e os eixos da ordenação nas áreas estudadas com base na riqueza das comunidades de líquens.....	57
Figura 11. Cluster para análise de similaridade e dissimilaridade entre as comunidades liquênicas presentes em áreas de mangue e Mata Atlântica do Nordeste do Brasil.....	60

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Florestas de mangues por estado nordestino e percentual em relação ao total das áreas de mangue e à UF (UF = Unidade de Federação).....	34
Quadro 2. Áreas de coleta.....	44
Quadro 3. Georreferenciamento dos locais de coleta.....	45
Quadro 4. Espécies liquênicas registradas para as áreas de manguezal nordestino - Brasil.....	49
Quadro 5. Espécies compartilhadas por mais de dois Estados no nordeste do Brasil.....	54
Quadro 6. Número total de táxons de líquens identificados e número de táxons exclusivos por Estado.....	54
Quadro 7. Índices de Riqueza (s) e diversidade de Margalef (d) de líquens de diferentes Estados do Nordeste.....	55
Quadro 8. Áreas de mangue e Floresta Atlântica usada para comparação liquênica.....	59

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
2.1	FLORESTAS TROPICAIS – FLORESTA ATLÂNTICA BRASILEIRA.....	14
2.2	MANGUEZAL E SEU CONTEXTO.....	15
2.2.1	Manguezal ou Mangue?.....	20
2.2.2	Distribuição das Florestas de Manguezais.....	21
2.2.3	Distribuição das Florestas de Manguezais.....	25
2.2.4	Zonação em Regiões de Manguezal.....	26
2.3	FUNGOS LIQUENIZADOS.....	27
2.4	LIQUENS NO MANGUEZAL.....	30
2.5	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E LOCAIS PESQUISADOS.....	33
2.5.1	Alagoas.....	34
2.5.2	Bahia.....	35
2.5.3	Ceará.....	36
2.5.4	Maranhão.....	37
2.5.5	Paraíba.....	38
2.5.6	Pernambuco.....	39
2.5.7	Piauí.....	40
2.5.8	Rio Grande do Norte.....	41
2.5.9	Maranhão.....	42
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>43</b>
3.1	ÁREAS DE COLETA.....	43
3.2	COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS.....	44
3.3	IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	45
3.4	ANÁLISES ECOLÓGICAS E ESTATÍSTICAS.....	46
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>48</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAL.....</b>	<b>64</b>
	<b>Apêndice A – REGISTRO DAS ÁREAS DE COLETA.....</b>	<b>74</b>
	<b>Apêndice B – REGISTRO EM CAMPO DE TALOS LIQUÊNICOS.....</b>	<b>75</b>
	<b>Apêndice C – ALGUNS DOS EXEMPLARES LIQUÊNICOS REGISTRADOS.....</b>	<b>76</b>
	<b>Apêndice C – ARTIGO.....</b>	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho trata sobre a flora liquênica encontrada em áreas de mangue do Nordeste brasileiro. Líquens são organismos simbiotes, resultantes de uma associação morfofisiológica entre grupos de fungos (micobiontes), algas e/ou cianobactérias (ficobiontes). Entre os diversos papéis ambientais desenvolvidos pelos líquens, a bioindicação da qualidade do ar ganha especial destaque, ainda que estes organismos sejam significativamente utilizados pela indústria e por alguns povos com as mais diversas aplicações, inclusive na saúde humana.

Manguezal é um termo não taxonômico, usado para identificar ambientes de formação pioneira que apresentam complexos vegetacionais edáficos de primeira ocupação. Estes se estabelecem em terrenos instáveis e se envolvem com os processos de acúmulo fluvial, lacustre e/ou marinho.

O primeiro levantamento florístico da micota liquenizada, que se tem registro para regiões de manguezais brasileiros, data de 1992, quando Marcelo Marcelli, em sua tese de doutoramento, construiu sua pesquisa a partir de amostras coletadas de manguezais das regiões Sul e Sudeste do país. Para esse mesmo trabalho, Marcelli também considerou espécimes coletados no sul do estado da Bahia.

Na última década, trabalhos taxonômicos, de levantamento florístico e ecológicos com os mais diversos grupos liquênicos têm crescido amplamente. São vários os trabalhos que evidenciam a composição, riqueza e diversidade desses organismos, tanto para áreas no Brasil como no mundo. Quase todos os biomas brasileiros foram citados em trabalhos de pesquisa da flora liquênica no país com destaque para a Floresta Atlântica – possivelmente a mais estudada até o momento, no Brasil – mas com relevantes registros também para a Caatinga, Brejos de Altitude e ainda para regiões do Cerrado brasileiro. Para as regiões de manguezais, porém, há apenas um registro oficial de levantamento florístico feito por Marcelo Marcelli (1992) em mangues do Sul e Sudeste do país. Isso se deve, possivelmente ao fato de que regiões de manguezais se apresentam como ambientes extremos, de difícil acesso e permanência, visto serem ambientes alagados, salinos, com regiões em acelerado processo de decomposição e ainda influenciados pela variação das marés. É possível,

também, que sejam esses fatores, a razão para os poucos registros da flora liquênica dos mangues de outras partes do mundo.

Assim, esse trabalho se propõe a apresentar o primeiro levantamento florístico da micota liquenizada para os manguezais do Nordeste do Brasil, e o segundo para áreas de mangues brasileiros. Além disso, trará também uma comparação da composição liquênica entre estas áreas de mangue e áreas de Floresta Atlântica também do Nordeste, afim de verificar se há diferenças na composição florística dessas duas regiões, já que o manguezal é citado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) como uma fitofisionomia da Floresta Atlântica.

Apesar da evolução e aprofundamento nos estudos científicos propostos para os mais diversos grupos liquênicos, levantamentos florísticos de áreas cuja micota liquenizada seja ainda desconhecida exercem importante papel pioneiro de investigação, sem o qual, estudos secundários tornam-se improváveis. Sendo assim, esse trabalho vem compor e preencher uma importante lacuna sobre a flora liquênica dos mangues do Brasil. Somando-se ao levantamento já existente que data de quase trinta anos atrás, a presente pesquisa também vem contribuir para esse relevante conhecimento na liquenologia brasileira.

O trabalho de campo foi idealizado com o propósito de fazer coletas e registro de espécies de líquens encontradas em áreas de manguezais situadas em cada um dos nove (9) estados nordestinos. Foram escolhidas áreas de proteção ambiental (APA), sendo cinco delas

(5) estaduais (Al, Ce, Pe, Rn e Se) e quatro (4) federais (Ba, Ma, Pb e Pi). Os acessos às áreas foram realizados com uso de pequenas embarcações e com auxílio de pescadores já experientes, a fim de buscar os melhores pontos de acesso aos fragmentos. Em cada área, foram feitas coletas em três pontos, sempre que possível em período de baixa-mar. Os primeiros pontos estavam preferencialmente voltados à costa e os demais foram selecionados de modo aleatório. A partir da entrada do fragmento, eram considerados 50 metros de raio para a coleta dos talos nas árvores, que foram no mínimo trinta (30) por área. Após devidamente herborizadas, as amostras seguiram para identificação e posterior construção da listagem de espécies.

O presente trabalho traz a caracterização da micota liquenizada registrada nas áreas de manguezais dos nove estados visitados da Região Nordeste, com lista de espécies, e comparação entre a composição de espécies destes manguezais com a registrada na literatura para a Floresta Atlântica. Como apêndice, está o artigo já publicado na revista *Bryologist*, onde está registrada uma nova espécie de *Lecanora* – *Lecanora parachroa* L.A.Santos, J.G.Cavalcante & M.C.Caceres- (Família Lecanoraceae) que foi descrita com o auxílio de *DNA Barcoding*, além de seus caracteres fenotípicos. Trará também imagens dos locais de coletas a fim de ilustrar o campo selecionado para o trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 FLORESTAS TROPICAIS – FLORESTA ATLÂNTICA BRASILEIRA

Cobrando cerca de 30% de toda superfície terrestre e promovendo importantes serviços ambientais, a exemplo da regulação do clima e proteção de solo e águas, as florestas tropicais são encontradas ocupando algo próximo a quatro (4) bilhões de hectares no mundo. Também nestas regiões, encontra-se a maior parte da biodiversidade mundial (CAMPANILI, 2010). A Floresta Atlântica é considerada a unidade biogeográfica mais singular da América do sul, apresenta uma biota altamente diversificada e apesar de séculos de estudos, é um bioma que se mostra como um ambiente ainda pouco conhecido, onde novas espécies (de fauna e flora) são descritas continuamente, inclusive nos arredores de grandes conglomerados urbanos. (LEAL; DE GUSMÃO CAMÂRA, 2003) Além disso, estando listada entre os principais hotspots da biodiversidade mundial, a Floresta Atlântica conta hoje com mais de 8 mil espécies endêmicas e ainda com o status de bioma ameaçado (TABARELLI et al, 2005).

Segundo Campanili (2010), à época do descobrimento, o território brasileiro possuía cerca de 15% de sua cobertura vegetal composta por Floresta Atlântica. Segundo mapeamento divulgado pelo MMA, no ano de 2006, há cerca de 27% de remanescentes da vegetação nativa, considerando os diversos estágios de regeneração de todas as fitofisionomias aqui encontradas, a exemplo de florestas, campos naturais, restingas e manguezais, estes últimos definidos como formações pioneiras, que são o objetivo da presente pesquisa.

Em seminários realizados pela Fundação SOS Mata Atlântica, em 1990, especialistas e pesquisadores sugeriram as diferentes formações florestais e ecossistemas associados ao bioma, a saber: Floresta ombrófila densa; Floresta ombrófila mista (Floresta de araucárias); Floresta ombrófila aberta; Floresta estacional semidecidual; Floresta estacional decidual; Campos de altitude; Áreas de formações pioneiras (restingas, manguezais, campos salinos e águas aluviais); Refúgios getacionais; Áreas de tensão ecológica; Brejos de altitude interioranos; Áreas de estepe e Savana. No entanto, o reconhecimento legal destas formações só aconteceu dois anos depois, com a criação do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Também foi reconhecida pelo decreto Nº 750/1993 e mais tarde pela lei 428/2006, que ficou conhecida como a Lei da Mata Atlântica, passando também por consolidação através do decreto 6.660 de 2008 (CAMPANILI, 2010; TABARELLI et al. 2005).

O domínio da Floresta Atlântica agrega ainda algumas ilhas oceânicas e outras disjunções florestais. Ao que se refere às formações pioneiras – restingas, manguezais e campos salinos - estes são definidas como complexos vegetacionais edáficos de primeira ocupação, que se estabelecem em terrenos instáveis, envolvidos com o processo de acúmulo fluvial, lacustre, marinho e eólico.

Segundo Tabarelli et al. (2005), o Nordeste abriga pelo menos quatro dos cinco centros de endemismo citados para a Floresta Atlântica. Nestes centros, é encontrada grande parte da diversidade biológica registrada para o bioma, no país, são eles: Brejos Nordestinos, Pernambuco, Bahia Central, Costa da Bahia e Serra do Mar, este último, indo do Rio de Janeiro ao Rio Grande do Sul.

Também merece importante destaque o número de fragmentos de Floresta Atlântica brasileira, visto ser este um fator relevante quando se fala no estabelecimento das mais diversas comunidades (TABARELLI, 2005) e não apenas da micota liquenizada. No que se refere a líquens, nessas áreas de Floresta, sabe-se que a fragmentação é um fator relevante para o estabelecimento de alguns grupos desses organismos (LEMOS et al. 2007).

## 2.2 MANGUEZAL E SEU CONTEXTO

Manguezais tem sido usado por habitantes costeiros há séculos, com os primeiros relatos de 10.000 – 20.000 anos atrás (ALLEN 1987; LUTHERO;

GREENBURG, 2009) e, até os tempos atuais, continuam sendo de grande valor para a humanidade através de uma série de serviços ambientais que prestam aos ecossistemas. Esses ecossistemas costeiros se originaram nas regiões dos Oceanos Índico e Pacífico e se distribuíram pelo mundo com auxílio das correntes marinhas durante o processo da separação dos continentes (HERZ, 1987).

As maiores extensões de manguezais do mundo estão presentes na região Indopacífica, mais precisamente localizadas na Ásia: principalmente na Malásia e Índia; na América Atlântica, com Brasil e Venezuela; e na África: Nigéria e Senegal (LACERDA 1984; ALVES 2001).

O ambiente de mangue tem algumas características físico-químicas muito especiais de salinidade, que podem variar de 30 a 90 partes por mil, obedecendo a um gradiente entre a foz e o interior do estuário, correntes de marés (cuja amplitude pode variar bastante entre as áreas de mangue, saindo de alguns centímetros e atingindo alguns metros de altura), altas temperaturas (com oscilações de até 20°C entre as temperaturas mínima e máxima), ventos e solo anaeróbico lamacento (SARAVANAKUMAR et al. 2008; DA SILVA COSTA et al., 2014).

No que se refere a estas características, Barbosa (2015), em sua pesquisa sobre a composição química de sedimento em um manguezal do estado do Pará, Brasil, destaca que parâmetros químicos, ou físico-químicos dos mangues, sofrem a influência das transições de marés e das periodicidades climáticas próprias dos manguezais, bem como são influenciados pelas águas doces e salgadas dos rios e do mar, respectivamente. Barbosa (2015) afirma ainda que, nessas áreas, a alta turbidez (150 NTU), a baixa concentração de oxigênio (6,41 mg/L-1) e a elevada salinidade (35%) são influenciadas sobretudo pela maré, visto que a região sofria, nesse período, grande interferência da água do mar.

Ainda durante o estudo de Barbosa (2015) o pH dessa área esteve entre 7 e 9, indicando um ambiente alcalino, característico do período de estiagem. Dados semelhantes ao pH e oxigênio foram encontrados anos antes por Saravana Kumar et al. (2008), em uma região de manguezal na costa Oeste da Índia, porém, a taxa de salinidade variou de 34 a 44%, indicando não haver um padrão fixo de condições salinas para áreas de mangue.

Estudos feitos por Barros (2019) para uma área de manguezal na parte Sul do estado de Alagoas mostraram uma redução progressiva de salinidade no sentido costa-continente, reforçando a ideia da influência do regime de marés na salinidade dos solos dessas regiões de mangues.

Plantas desse ecossistema são capazes de se adaptar a praticamente todos os tipos de condições adversas, exceto geadas, e, por esta razão, se distribuem principalmente nas regiões tropicais. Provavelmente, não há outros grupos de plantas com tais adaptações a condições tão extremas (KATHIRESAN, 2001).

De acordo com Duke et al. (2001), a floresta de mangue é composta por um grupo de angiospermas (plantas com flores) que são geneticamente diversas entre si. Dessa forma, podem ter evoluído em diferentes períodos geológicos. Além disso, por terem se diferenciado em espécies distintas podem ter ainda desenvolvido diferentes estratégias adaptativas.

A distribuição atual das espécies dos mangues mostra vários exemplos de limitações no processo de dispersão. Duke (2002) sugere ainda que não se sabe o suficiente sobre os centros de evolução dos mangues, e, sobretudo como esses se relacionam com os centros de diversidade existentes. O autor diz ainda que isso ocorre porque, embora existam importantes trabalhos de revisão sobre Biogeografia, Sistemática e Evolução dos mangues, o processo científico nessa área tem sido considerado ainda muito lento desde os trabalhos de Tomlinson (1996).

Assim, entre tantas questões a serem estudadas, e compreendidas, destaca-se o fato de a região do *Indo West Pacific* (IWP) apresentar maior diversidade que a região do *Atlantic East Pacific* (AEP). A primeira região liga a costa dos continentes da Austrália, África e Ásia e a segunda compõe a costa do Caribe, ligando a América do Norte à América do Sul. (FAO,2007)

Para Duke (2002), são imprescindíveis novas observações com uso de dados mais detalhados para promover uma urgente e maior compreensão sobre a evolução dos manguezais.

De acordo com o autor, são necessárias avaliações completas de dados morfológicos, químicos e de variação genética, compilações de registros de distribuição para avaliação morfológica, além de completa revisão e síntese de registros fósseis, a

fim de verificar possível continuidade entre os táxons fósseis e os que existem atualmente.

Embora existam trabalhos de destaque nesses assuntos (SEAGER, 1998; ELLISON et al, 1999; PLAZIAT et al, 2001), percebe-se as limitações de conhecimento sistemático e taxonômico entre os táxons ancestrais e os da atualidade. Além disso, nunca foram abordados temas sobre distribuições globais e descontinuidades genéticas em mangues, promovendo assim, grandes lacunas no conhecimento já acumulado (DUKE, 1999). Para o autor, essa limitação no conhecimento sobre a evolução das espécies que compõem os manguezais no mundo, resulta da falta de conexões mais firmes durante todo o processo da pesquisa, ou seja, de uma firme coordenação entre os dados de amostragem genética e morfológica.

Para a grande maioria das plantas, o hábitat intertidal — região da costa localizada entre as marés alta e baixa — é inóspito, com claras limitações espaciais. Apesar disso, diferentes grupos vegetais que compõem o manguezal conseguiram superar essas limitações características e garantiram que algumas de suas habilidades fisiológicas prevalecessem sobre outras (LO et al., 2014).

Dito isso, vê-se que há muitas considerações sobre a evolução dos manguezais no mundo e, duas hipóteses são importantes de serem levantadas: a primeira hipótese é a de que algum processo físico dinâmico poderia ter direcionado as mudanças genéticas nesse grupo (LO et al., 2014). Uma das ideias para explicar essa hipótese seriam os longos períodos de aumento progressivo dos níveis do mar e, se for considerado isso, vê-se que os ambientes costeiros estiveram expostos às regulares “entradas” do mar em direção ao continente, por diversas vezes, favorecendo assim, uma fixação inicial daqueles descendentes marinhos que tolerassem a possibilidade de sobrevivência no ambiente intertidal. No entanto, as mudanças nos níveis marítimos são processos que oscilaram muito no tempo geológico, o que torna frágil essa suposição (XU, 2017). Outra ideia a ser considerada para essa seleção seria a formação de novos habitats intertidais, como consequência da separação das placas tectônicas, desde o Cretáceo Superior – entre 100 e 66 milhões de anos - que formavam o antigo continente da Gondwana. Essa ideia se reforça pelo fato de que todas as angiospermas, incluindo os manguezais, evoluíram de forma simultânea, nesse mesmo período. Assim, a separação ocorrida no supercontinente – Gondwana – explicaria a grande dispersão das espécies de mangues ao redor do mundo.

A segunda hipótese que poderia explicar a origem dos manguezais se relaciona com os processos de especiação que podem ter ocorrido com os grupos vegetais de três formas: a primeira seria considerar que os indivíduos se dispersaram por mutações sutis em seus centros de origem e seguiram para um processo de deriva genética alterações aleatórias nas frequências dos genes em uma população. A segunda forma é a de que pode ter ocorrido uma divisão em um intervalo contínuo de táxons e, devido às pressões sofridas por cada grupo – influência de novas mutações e outros tipos de pressões para a seleção biológica – os grupos acabaram por tornarem-se diferentes entre si, ao longo do tempo. E o terceiro modo pelo qual o processo de especiação nos manguezais pode ter ocorrido, chama-se Princípio do Fundador. Nesse processo, uma pequena parcela dos indivíduos de uma população - neste caso, de Angiospermas - teria sido separada do grupo original e esse pequeno grupo, que na ocasião, representava apenas uma fração da composição genética da população considerada, passou a sofrer a influência de novos processos evolutivos e a partir daí, tornaram-se progressivamente distintos daqueles a que se assemelhavam anteriormente. Isso, claro pode ter ocorrido com diversos fragmentos populacionais de modo simultâneo e cada um teria passado, dessa forma, pelo Princípio Fundador. Considerando essas alterações, cada gene mutante, teria sobre as pequenas populações uma influência proporcionalmente maior do que se ocorresse na outra fração da mesma (XU, 2017).

O manguezal é considerado como um dos ecossistemas mais produtivos do planeta (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005; MARCELLI, 1995) graças à grande disponibilidade de nutrientes minerais, entre eles, Zinco, Cobre, Níquel, Estrôncio, Bário, Chumbo, Gálio, Molibdênio (Zn, Cu, Ni, Sr, Ba, Pb, Ga, Mo, respectivamente) e diversos outros que podem ser encontrados isolados ou associados, formando moléculas. Por exemplo, esses nutrientes podem compor diversos óxidos, como os de Silício (SiO<sub>2</sub>), de Cálcio (CaO), de Ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), de Alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), entre outros. Além de fornecer alimento (direta ou indiretamente) para diversas espécies de peixes, moluscos e crustáceos. (LANG MARTINS MADI et al., 2016).

Além de contribuir para a biodiversidade de relevância mundial, os manguezais asseguram a integridade ambiental da faixa costeira e são responsáveis pelo fornecimento dos recursos e serviços ambientais que sustentam atividades econômicas. Como exemplo desses serviços, podemos citar a proteção da Costa de ambientes lagunares ou estuarinos no que se refere à ação da água doce ou dos regimes de

salinidade, também são berçários e criadouros de muitas espécies de peixes importantes do ponto de vista comercial e ainda influenciam a população planctônica com as regulares alterações no clima e nos parâmetros ambientais locais, entre outros (ICMBio, 2018). O papel desempenhado pelos manguezais no aumento da resiliência dos ecossistemas, comunidades e atividades econômicas costeiras às mudanças climáticas é cada vez mais reconhecido (MMA, 2010).

Várias revisões são dedicadas às florestas de mangue, abordando sua distribuição global (área coberta e biomassa), ecologia, biologia e valor/usos (WEBBER; GOODBODY, 1998). E apesar de sua relevância, essa floresta acumulou um declínio de 20% nos últimos anos devido principalmente ao desenvolvimento de conversão – quando suas áreas passaram a servir aos mais diversos usos – e apresentando períodos de recuperação longos, cerca de três a quatro vezes mais do que os demais tipos de florestas terrestres (SPALDING, 2010).

### 2.2.1 Manguezal ou Mangue?

Mangue é um termo não taxonômico usado para descrever um grupo bastante diverso de plantas, todas adaptadas a um habitat úmido e salino. Pode referir-se, inclusive, a uma espécie individual. Termos como comunidade de manguezais, ecossistemas de mangue, florestas de mangue e manguezal são usados de forma equivalente para descrever toda a comunidade de manguezais (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991).

Numa definição mais tradicional, o conceito de manguezal é tido como uma composição entre os elementos bióticos e abióticos que se estendem entre os limites das florestas de mangue. Esta floresta, por sua vez, se apresenta como uma formação arbórea e arbustiva constituída basicamente pelos gêneros *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia* (ICMBio, 2018).

Para Tomlinson (1986), os seguintes critérios são necessários para que uma espécie seja designada um mangue verdadeiro. São elas: a) completa fidelidade ao ambiente de mangue, b) desempenhar um papel importante na estrutura da comunidade e ter a capacidade de formar estratos puros, c) especialização morfológica para adaptação ao habitat, d) especialização fisiológica para adaptação ao seu habitat, e por fim, e) isolamento taxonômico de parentes terrestres.

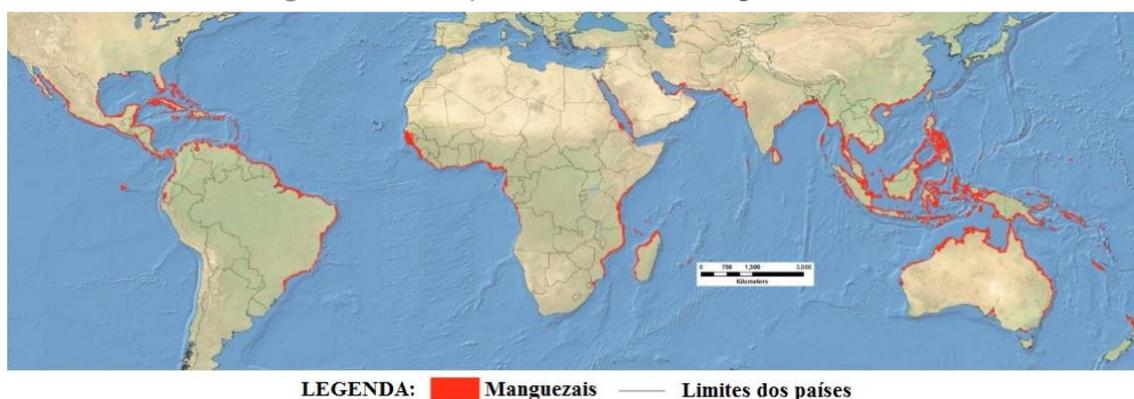
No que se refere à diversidade, segundo Schaeffer-Novelli (1991) os manguezais incluem, aproximadamente, 16 famílias (entre elas as Famílias *Verbenaceae*, *Combretaceae*, *Rhizophoraceae*) e 40 a 50 espécies de plantas (a exemplo, *Rhizophora mangle* L, *Lagunculária racemosa* (L) Gaertn, *Avicennia schaueriana* Stapt e Leerch, *Avicennia germinans* L, *Acrostichum aureum*, *Spartina* sp., *Heleocharis* sp., *Arrobídeo* sp., *Terocarpos draco*, *Montricharpia* sp., *Conocarpos erectus*, *Hibiscos foliáceos*, *Salicornia gaudichudiana*, *Crinum* sp. e *Dalbergia* sp. que se distribuem pelo mundo, dependendo da sua classificação.

### 2.2.2 Distribuição das Florestas de Manguezais

Os manguezais ocorrem em todo o mundo, com distribuição circuntropical, com maior desenvolvimento na faixa entre o Trópico de Câncer e o Trópico de Capricórnio, ocasionalmente se estendendo além destas coordenadas. Desenvolvem-se mais nas regiões próximas à linha do Equador, onde ocupam vastas áreas, com uma vegetação bastante exuberante (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005).

Tomlinson (1986) ratifica e caracteriza a distribuição dos manguezais como circunglobal, com a maioria das populações ocorrendo entre as latitudes de 30° N e S. Considera-se que 75% das costas tropicais do mundo eram dominadas por manguezais. A extensão do manguezal foi significativamente reduzida devido às atividades humanas na zona costeira. Existem dois principais centros de diversidade de manguezais: o grupo Oriental (Austrália, Sudeste Asiático, Índia, África Oriental e Pacífico Ocidental) onde o número total de espécies de plantas é de aproximadamente 40 e o grupo Ocidental (África Ocidental, Caribe, Flórida, Atlântico Sul, América do Norte e América do Sul) onde apenas ocorrem oito espécies. Assim, as florestas do Novo Mundo são relativamente empobrecidas, em comparação com as florestas do Velho Mundo (FELLER E SITNIK, 1996).

Figura 1. Distribuição das Florestas de Mangue no Mundo



Fonte: <https://na.unep.net/geas/articleimages/Aug-13-figure-1.png>

As condições ideais para o desenvolvimento dos manguezais incluem, principalmente, a variação de temperatura e a pluviosidade. Com relação à temperatura, são necessárias médias anuais acima de 20°C e mínimas superiores a 15°C, sendo a amplitude térmica em torno de 5°C. Assim, as condições para o desenvolvimento dos mangues estendem-se a aproximadamente 30°N e a 28°S na costa Atlântica (SOARES et al., 2012) (Figura 1). E no *IndoWest Pacific* (IWP), estas mesmas condições estão a 38° 45' ao sul da Austrália e Nova Zelândia (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005).

A distribuição latitudinal dos manguezais é limitada pelas principais variáveis climáticas, como a aridez e frequência de eventos extremos de clima frio (OSLAND et al., 2013; SAINTILAN et al., 2014). A distribuição e desenvolvimento estrutural dentro de áreas com as temperaturas são ainda limitadas pela chuva, cuja precipitação anual deve ser acima de 1.500 mm e sem prolongados períodos de seca (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005), ou pela disponibilidade de água doce (OSLAND et al., 2016; ALONGI, 2015).

A área coberta por manguezais (entre 137.760 e 152.000 km<sup>2</sup>) e o número de países em que eles existem (118 a 124) tem sido o foco de muitos estudos (FAO 2007; ALONGI, 2008; SPALDING, 2010; GIRI et al., 2011). A precisão desses intervalos é afetada pelos diferentes métodos - com diferentes resoluções espaciais - usados para levantamentos de área de exclusão de alguns países com pequenos manguezais (FAO 2007; GIRI et al., 2011). No entanto, o que é mais geralmente aceito é que para o manguezal a cobertura é extremamente baixa, representando menos de 1% das florestas tropicais e 0,4% por cento das áreas florestais globais (FAO 2007; SPALDING, 2010, VAN LAVIEREN et al., 2012). A área de mangue diminuiu globalmente nos últimos 30 anos (1980 – 2010) e esse declínio continua em muitas regiões (WEBBER; GOODBODY, 1998; POLIDORO et al., 2010; DONATO et al., 2011; ICMBio, 2018).

Novos dados sobre a magnitude da área de manguezais e suas mudanças tornaram-se cada vez mais disponíveis, especialmente com o advento das imagens de satélite e da internet. Além disso, essas imagens ajudam a acumular ainda mais informações sobre os manguezais e essas informações sobre sua função, sua importância na sustentabilidade da zona costeira e os efeitos dos usos humanos das

florestas de mangue estão crescendo significativamente.

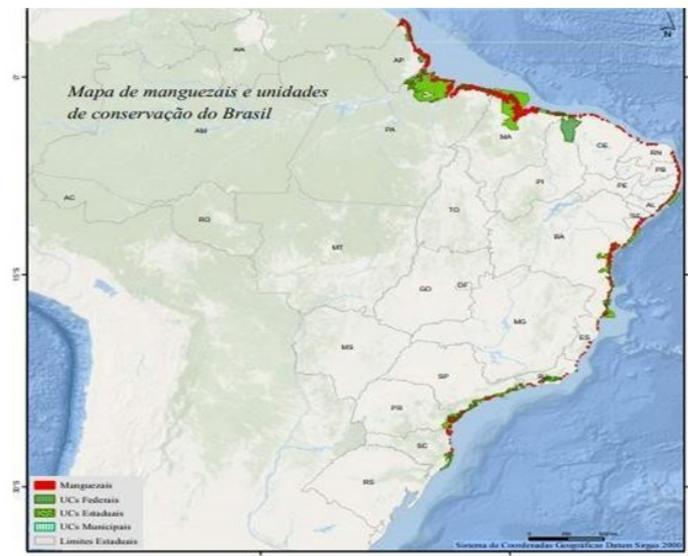
As estimativas de área total ocupada por manguezais no litoral nordeste brasileiro foram realizadas pioneiramente por Herz (1991) que publicou o primeiro mapa consolidado das áreas de manguezal do Brasil, baseado em imagens de sensoriamento remoto disponíveis para o ano de 1978. Trata-se do estudo mais detalhado publicado até então, e que serviu como base para diversos programas de conservação e gerenciamento de recursos pesqueiros (MAIA et al., 2005).

Os ecossistemas de manguezais do Brasil cobrem uma área aproximada de 13.400 km<sup>2</sup>, correspondendo a 9% do percentual mundial dos manguezais. A figura 2 apresenta a distribuição dos mangues ao longo da costa brasileira e nos mostra que apenas um estado litorâneo brasileiro, o Rio Grande do Sul, não possui cobertura de florestas de mangue (MMA, 2010; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

Via de regra, as florestas de manguezal do litoral do Nordeste do Brasil ocorrem como formações de franjas, ciliares e em menor escala, ocupando bacias salinas na planície costeira. Florestas de mangues são comuns em áreas de elevada salinidade (KJERFVE; LACERDA, 1993).

Foram cinco as espécies registradas nesta região: *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Conocarpus erectus*. Entretanto, dependendo da região, uma espécie pode ser pouco expressiva ou mesmo ausente (MMA, 2010).

**Figura 2** - Distribuição das florestas de mangue no Brasil



Fonte: ICMBio, 2018.

Os estados do Maranhão e do Pará por si só abrigam a maior extensão de manguezais do mundo e representam 57% do total da área de manguezais no País. Essa região inclui dois sítios Ramsar, a Baixada Maranhense e as Reentrâncias Maranhenses. O último sítio faz parte da Rede Hemisférica de Reservas para Aves Limícolas. Mas, como já foi dito, não é apenas nesses dois estados que existem manguezais no Brasil. Há manguezais ao longo de aproximadamente 80% dos 7.367 km de litoral, compreendendo dezesseis estados, desde a foz do Rio Oiapoque, que faz divisa com a Guiana francesa, no Amapá, região Norte do país, até a divisa Laguna/Jaguaruna, no estado de Santa Catarina, no Sul brasileiro (MMA, 2008).

Macedo et al. (2003) sugerem que as espécies típicas de mangue só conseguem se instalar neste ambiente competitivo devido a algumas adaptações: *Rhizophora mangle*, por exemplo, desenvolve raízes adventícias (ou raízes escoras), que crescem a partir do tronco e penetram o solo, dando suporte ao vegetal e sendo responsáveis pelas trocas gasosas; espécies de *Avicennia* apresentam raízes radiais das quais surgem inúmeros pneumatóforos (as raízes respiratórias, responsáveis pelas trocas gasosas); *Laguncularia racemosa* também apresenta pneumatóforos, porém estes são menores em tamanho e quantidade e seus ápices se bifurcam ou tripartem. Embora seja considerada uma Área de Preservação Permanente (APP), de acordo com a diretriz brasileira CONAMA 303/02, esse ecossistema está sob ameaça contínua da atividade antrópica. Cerca de 35% das florestas brasileiras de mangue foram perdidas entre as décadas de

1980 e 1990 (KRUG et al., 2007; VALIELA et al., 2001; LANG MARTINS MADI et al., 2016).

Algumas avaliações regionais publicadas têm mostrado com alarme as ameaças antrópicas aos manguezais, constatou-se que as principais formas de uso e ocupação atual são a retirada de madeira, atividade salineira, agricultura de subsistência, cultivo de coqueiros, carcinicultura e a construção de residências. Como paisagens antrópicas resultantes dessas formas de uso e ocupação há a formação de apicuns (estágio sucessional dos manguezais, resultante da deposição de areias finas da preamar), salinas, tanques de aquicultura, salinas abandonadas, dunas móveis, bancos de areia e áreas residenciais. Os principais impactos ambientais proveniente dessas modificações paisagísticas foram o aumento da salinização dos solos e das águas, alteração da qualidade hídrica, assoreamento da planície fluviomarina e fluviais, abrasão marinha, avanço de dunas, diminuição da biodiversidade, acúmulo de lixo, artificialização da paisagem e redução dos recursos pesqueiros (SILVA; SOUZA, 2009).

A diversidade biológica da Zona Costeira brasileira está distribuída de forma bastante desigual por seus diversos ecossistemas (MMA, 2010). Os manguezais, por sua vez, apresentam elevada diversidade estrutural e funcional, atuando, juntamente com os estuários, como exportadores de biomassa para os sistemas adjacentes (REAKA-KUDLA, 1997).

### 2.2.3 Distribuição das Florestas de Manguezais

Não apenas por conta do clima característico da Região Nordeste (semiárido) e pela importância da pesca artesanal para os ribeirinhos, os mangues dessa região (Figura 2) apresentam um valor ecológico e ambiental ainda mais significativo, sobretudo porque esta é também uma área pobre em nutrientes e com baixa produção de matéria orgânica quando comparada a outras florestas (MAIA et al., 2005).

Por estar localizado na faixa frontal da costa brasileira, a fitofisionomia do manguezal é a primeira a sofrer as consequências das intervenções humanas nessas áreas, além de estar mais exposta às variações dos processos naturais. Na porção nordeste do Brasil, especialmente, essa condição fica ainda mais evidente já que as condições climáticas são adversas e a ocupação humana tem gerado um aumento significativo das pressões ambientais (MAIA et al, 2005).

De um modo geral, os problemas socioeconômicos cada vez mais graves e a ausência de fiscalização efetiva vêm causando graves e crescentes transtornos para a manutenção dos ecossistemas costeiros no país. Apesar de seus importantes papéis sociais e ecológicos, no que se refere à devastação, os manguezais brasileiros não são uma exceção. Apesar da existência de legislação severa de proteção, as conversões para a aquicultura, desenvolvimento industrial e urbano, entre outros, destruíram mais de 50.000 ha nas últimas três décadas - cerca de 4% do total de área de mangue no país (MMA 2010).

Os esforços de restauração minimizaram um pouco as perdas, mas recuperaram apenas 5% da área total degradada. Cerca de 70% dos manguezais brasileiros estão hoje dentro de áreas preservadas, mas a eficácia desses avanços continua prejudicada pela burocracia, falta de políticas de conservação e interesses econômicos (FERREIRA; LACERDA, 2016).

#### 2.2.4 Zonação em Regiões de Manguezal

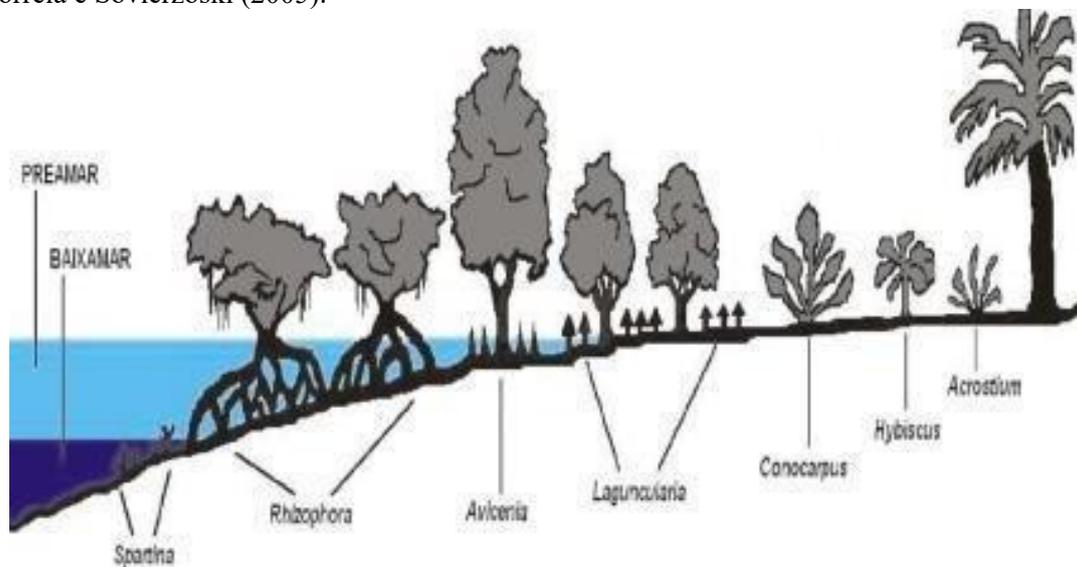
A variação espacial na ocorrência e abundância de espécies é frequentemente observada em gradientes ambientais em muitos tipos de ecossistemas, a essa variação (estrutural e florística) podemos chamar de Zonação. O que impressiona no zoneamento de grupos vegetais que abrigam ambientes interditaes, também chamada de zona entre marés, são as faixas monoespecíficas que se estruturam paralelas linha da costa. É importante citar que para os manguezais, as regiões geográficas diferentes apresentam também, diferenças na distribuição de sua composição florística (MARCELLI, 1992; BARIK, 2018; LIU, 2018). Como exemplo, se tem a Flórida e Caribe, para um padrão florístico onde *Rizophora mangle* ocupa a zona do mar e vem seguida de *Avicennia germinans* e *Laguncularia ranceosa*, respectivamente, ao contrário do que aparece em Queensland (Austrália), onde o manguezal varia tanto em número de espécies, que é mais elevado, quanto na disposição das mesmas, com *Avicennia* voltada para o mar e *Rhizophora* para a terra (FELLER, 1996).

No que se refere à Zonação de espécies de mangue (ZMS) esta é uma ordenação considerada discreta e previsível causada pela condição única do ambiente intertidal, entre as espécies que compõem o ambiente de mangue. Esse zoneamento é fundamental para a compreensão das comunidades de manguezais em escala específica (LIU, 2018).

Os mangues, com a definição de seus estratos horizontais e verticais que se formam desde o dossel até a região abaixo da superfície, acabam por estruturar um modelo de ecótono entre a Terra e o mar (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005). Nessa situação, substrato e inundações tornam-se elementos determinantes para a compreensão da distribuição florística nestas regiões (MARCELLI, 1992).

O estudo mostrou que para aquela área, cada espécie de mangue tem sua faixa ótima de salinidade de acordo com cada hábitat que considera ideal. No Brasil, o gênero *Avicennia* é o único citado em comum com a região indiana pesquisada.

**Figura 3.** Composição florística horizontal em ecossistemas de mangue brasileiro proposto por Correia e Sovierzoski (2005).



Fonte: Série Conversando sobre ciências em Alagoas

A figura 3 mostra a zonation apresentada para os manguezais da costa brasileira. *Rhizophora mangle* (mangue vermelho) com suas raízes escora, encontra-se na primeira faixa, região mais próxima ao mar, onde o solo se apresenta pouco compactado. Na sequência, *Avicennia schaueriana* (siriúba) se estabelece com o auxílio de pneumatóforos, estruturas presentes nas raízes aéreas que favorecem as trocas gasosas entre o vegetal e o meio, auxiliando na respiração da planta. A terceira faixa é ocupada por *Laguncularia ranceosa* (mangue branco) e é alcançada pelas marés mais altas que correm 4m nos períodos de luas nova e cheia, chamadas marés de sizígia, onde ocorrem também as marés mais baixas. A quarta faixa da área litorânea é composta mais frequentemente pela vegetação de *Connocarpus* sp., popularmente conhecido como mangue-de-botão, a partir dessa área, começam a aparecer outros grupos vegetais menos

frequentes e com distribuição reduzida por exemplo *Hybiscus*, *Acrostium*, entre outras (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005).

### 2.3 FUNGOS LIQUENIZADOS

A liquenização é uma importante estratégia nutricional e um dos principais estilos de vida dos fungos. Atualmente são conhecidas 19 mil espécies de fungos liquenizados que juntos representam 17% das 110 mil espécies de fungos já catalogadas, sendo destes, 27% de *Ascomycota*. O termo líquen refere-se a unidades biológicas estáveis, resultantes da associação entre o parceiro heterotrófico, o fungo, e o parceiro autotrófico, podendo ser algas e/ou cianobactérias. Pesquisas recentes também evidenciam a presença de mais um parceiro micobionte na simbiose, uma levedura basidiomicota na família *Parmeliaceae* (LÜCKING; HODKINSON; LEAVITT, 2016). Os metabólitos secundários produzidos pelo micobionte somam-se aos compostos orgânicos liberados pelos fotobiontes garantindo assim, a esses indivíduos, uma estratégia nutricional e evolutiva de sucesso (WEBSTER; WEBER, 2007).

Em aproximadamente 8% da superfície terrestre, os líquens estão presentes como a forma de vida dominante (ODUM, 2008). A capacidade do líquen de se desenvolver tanto sobre grande variedade de ambientes como de substratos é amplamente conhecida (BRODO et al., 2001). Sua abundância é notável em ambientes onde as condições são extremas para a maioria dos organismos isoladamente (AHMADJIAN, 1993), sendo capazes de viver em alguns dos mais inóspitos ambientes da Terra, muitas vezes atuando como os primeiros colonizadores de áreas recém-expostas (NASH, 2008).

Segundo Lücking, Hodkinson e Leavitt (2016) são aceitas 19.387 espécies de líquens distribuída em 995 gêneros, 115 famílias, 39 ordens e oito classes. Os fungos liquenizados crostosos, também denominados microlíquens não possuem córtex inferior e aderem-se ao substrato por toda sua superfície inferior, através das hifas da medula (NASH, 1996; MARCELLI 2006). Para Ahmadjian (1993), microlíquens (fungos liquenizados crostosos) respondem por aproximadamente 75% dos tipos de talos liquênicos. Além destes, outros tipos de talos também podem ser encontrados nesse grupo de indivíduos. Spielmann (2006) fala que talo filamentosos possui talo com filamentos frouxos e entrelaçados. Talos foliosos apresentam córtex inferior e este, em

geral, está pouco aderido ao substrato. Líquens também apresentem talos fruticosos que chegam a formar uma estrutura de ramos, estes podem estar aderidos ao substrato por um ou por alguns pontos que podem se apresentar simples ou divididos. E por último, há também o talo dimórfico que se apresenta como uma combinação de crustoso e fruticoso.

Apesar disso, ainda são poucos os estudos brasileiros que contemplam a maioria desses grupo de líquens. Nesses organismos a reprodução se dá geralmente por fragmentação talina (isídios ou sorédios). Líquens apresentam talos com variadas cores e formas, a depender das espécies a que pertencem e das substâncias produzidas. Porém, as principais formas de talos encontrados nos líquens são: os crostosos, foliosos, fruticosos e filamentosos (MERCADO- DÍAZ, et al. 2015)

A composição química e qualidades físicas específicas do substrato são condições fundamentais na colonização dos líquens (MARMOR; RANDLANE, 2007), sendo a distribuição de espécies afetada, principalmente, por condições microclimáticas, tais como luz, umidade e temperatura. Além disso a rugosidade da casca do hospedeiro (esta apenas para líquens crostosos) e a capacidade de retenção de água do substrato (BOURG et al., 2007) também podem influenciar a distribuição desses simbiontes. Por serem organismos perenes, não há variação na presença de espécies de líquens de acordo com as épocas chuvosas ou de estiagem, nas regiões onde são encontrados (CÁCERES, 2007).

De acordo com Marcelli (1998) foram os naturalistas alemães C. F. P. Martius e J. B. Spix que deram início aos estudos liquênicos brasileiros, no início no séc. XIX. Este mesmo autor tem significativo número de trabalhos com líquens foliosos para as regiões Sul e Sudeste brasileiras, além de pesquisas pioneiras em áreas de manguezais destas mesmas regiões.

Segundo Maia e colaboradores (2002), o professor Augusto Chaves Batista, do Instituto de Micologia da Universidade Federal de Pernambuco, foi o pesquisador brasileiro que primeiro se interessou nas pesquisas com líquens encontrados no Nordeste do Brasil. Seus trabalhos, porém, deram maior destaque aos líquens foliícolas Amazônicos, não sendo os líquens corticícolas razão de seu interesse na ocasião.

Esta realidade, porém, vem se alterando progressivamente. Assim, podemos

citar relevantes estudos para grupos de líquens crostosos nessa região, sendo eles: um levantamento de 250 espécies para duas áreas de Pernambuco e uma de Alagoas, ambas de Floresta Atlântica, feito por Pereira et al (2006). O trabalho de Cáceres (2007), no qual são registradas 450 espécies de líquens, em Alagoas, Sergipe, Bahia e Pernambuco, com discreto destaque para espécies do Rio Grande do Norte. Além desse estudo da diversidade, posteriormente, Cáceres et al. (2008) fizeram uma comparação na composição de espécies de líquens em três ecossistemas diferentes: Caatinga, Floresta Atlântica e Brejos de altitude, amostrando um total de 22 localidades. Outros estudos relativamente recentes também foram apresentados por Cavalcante (2012), com um total de 61 táxons identificados e distribuídos em 18 famílias e 34 gêneros, com novos registros de espécies para o Nordeste brasileiro, para o Brasil e para a América Latina e 49 novos registros para a Caatinga do estado de Alagoas.

E há, ainda, o trabalho de Lima (2013) com 210 registros de líquens corticícolas crostosos para uma área de Caatinga, no estado de Pernambuco, sendo 15 espécies novas para a ciência, sete novas ocorrências para o Brasil e três novos registros para a América do Sul.

#### 2.4 LIQUENS NO MAGUEZAL

Os fungos liquenizados são considerados um dos grupos biológicos pioneiros na colonização de ambientes, sendo importantes componentes epífitos de muitos ecossistemas florestais. Apesar disso, trabalhos com enfoque em líquens de manguezal são raros (NAYAKA et al. 2012).

Em 1992, Marcelli publicou a primeira lista de líquens para os manguezais do sul- sudeste brasileiro, onde foram revistas as posições taxonômicas de vários gêneros liquênicos.

Nesse trabalho pioneiro, Marcelli (1992) verificou a presença de 289 espécies em 80 gêneros de fungos liquenizados e avaliando suas preferências de hábitat, estimou que o número de espécies poderia elevar-se a cerca de 350 indivíduos (BENNATI; MARCELLI, 2007).

A bibliografia sobre estudos em áreas de manguezais é relativamente extensa, no entanto Bennati e Marcelli (2007), em seu trabalho sobre fungos liquenizados em uma

área manguezal, no Sul do Brasil, cita que os líquens são geralmente excluídos em trabalhos científicos sobre epífitas em mangues. Ainda segundo o mesmo autor, no momento daquela publicação, além dos trabalhos de Marcelli (1991; 1992; 1995) em manguezais no litoral brasileiro, existiam apenas alguns trabalhos sobre flora e distribuição geográfica de macrolíquens nos manguezais da costa leste australiana (STEVENS, 1979; STEVENS; ROGERS, 1979).

A partir do início do século XXI, começaram a surgir mais trabalhos com enfoque em grupos liquênicos de manguezal. Avendaño-Remolina et al. (2000), citaram algumas espécies de *Peltigera* de mangues da costa Caribenha Colombiana. Estes líquens, no entanto, só foram encontrados em plantas de mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) em deterioração ou em elevado estágio de decomposição.

Em 2007, fazendo o trabalho juntamente com Marcelli, Bennati (2007) trouxe uma revisão de nomenclatura dos gêneros dos fungos liquenizados que haviam sido registrados para o manguezal do Rio Itanhaém, em São Paulo, sendo essa a mesma região pesquisada anteriormente, agora, porém, com a criação de uma chave de identificação para os gêneros que ocorrem nessas áreas de mangue brasileiro.

Em 2011, Devi (2011) testou a atividade microbiana do líquen *Roccella belangeriana*, um líquen de manguezal, coletado da área da Reserva da Biosfera do Golfo de Mannar, na Índia. Nesse trabalho, a substância liquênica foi extraída com diversos tipos de solvente (entre eles, acetona, metanol, éter dietílico, entre outros) e foi testado contra 14 cepas bacterianas e 3 fúngicas. O extrato de metanol teve zona máxima de inibição contra *Vibrio Cholerae*. Com demais extratos, foi registrada também ação máxima antifúngica contra *Aspergillus niger* e mínima, contra *Rhizophus* sp.

Também neste período, Mongkolsuk et al. (2011) apresentaram 331 espécies de líquens que foram coletados durante janeiro-julho de 2011, em 12 árvores dominantes na floresta de mangue localizados em Ban Pak Klong e Laen Ngob, dois distritos da Tailândia. Neste trabalho, demonstraram que os líquens epifíticos são componentes essenciais dos ecossistemas costeiros, ocupando vários nichos ecológicos que são inadequados para colonização por plantas superiores.

Nayaka et al. (2013) publicaram um estudo todo focado no levantamento

liquênico de dez distritos localizados em manguezais da Índia. Nesse estudo, foram reportadas 13 famílias, distribuídas em 23 gêneros e 39 espécies, sendo 21 delas novos registros para a Índia e 11 ficaram parcialmente identificadas, sugerindo a possibilidade de serem novos registros para a ciência.

Logesh et al. (2012) testaram a capacidade antimicrobiana do líquen *Roccella montagnei*, coletado em área de manguezal, para testar a capacidade de produção de quitosana de fungos endoliquênicos e sua atividade antibacteriana. Neste experimento, isolou quatro grupos de fungos, sendo o *Aspergillus niger* o de maior capacidade de produção de quitosana, no décimo segundo dia. Além disso, observou que a glicose teve papel indispensável na quitosana produzida.

Sonina (2012) investigou a biodiversidade de líquens epífitos e a capacidade adaptativa a condições instáveis nas costas de mares do norte do Ártico russo.

Outro importante trabalho foi o de Hill (2013) que fez um levantamento da flora líquênica em uma reserva da Biosfera localizada em Sundarbans, Índia. Nessa pesquisa, foram registradas 167 espécies de líquens, distribuídas em 25 famílias e 56 gêneros. Este foi o primeiro trabalho desse tipo para uma área protegida no país, além de ser também uma região de mangue fragilizado, ou seja, exposto à degradação por ação antrópica.

Sethy et al. (2014) publicaram uma lista com novos registros de líquens de manguezal para uma floresta costeira nas Ilhas Andaman, na Índia, sendo esta uma região que havia sido devastada pelo tsunami ocorrido em 2004. Além das 28 espécies já registradas para a área, esse trabalho traz oito novos registros, sendo três novos para a Índia e os demais para as Ilhas Andaman.

Em 2016, Ram e Sinha (2016), publicaram uma chave mundial para *Cryptothecia* e *Myriostigma* (Arthoniaceae), com novas espécies e novos registros encontrados nas Ilhas Andaman e Nicobar, importantes regiões de mangue indiano. Rangsiruji (2016) fez um levantamento filogenético de líquens de cianobactérias em florestas de mangue no leste da Tailândia. Análises filogenéticas usando máxima verossimilhança e abordagens bayesianas revelaram questões com a delimitação das espécies nos gêneros *Coccocarpia* e *Lepidocollema*, onde os dados indicaram linhagens não monofiléticas.

Reynolds et al. (2017) avaliaram líquens da Nova Zelândia, oriundos de florestas compostas apenas por *Avicennia marina* subsp. *australasica*. Um levantamento de 200 árvores de 20 sítios de manguezais registrou um total de 106 espécies, reunidas em 45 gêneros. Duas dessas espécies são consideradas "ameaçadas", cinco "em risco" e 27 "deficientes em dados".

Seavey et al. (2017) realizaram um inventário de líquens do Parque Estadual Botânico Dagny Johnson Key Largo Hammock, em Key Largo, Flórida. O local foi dividido em quatro zonas ecologicamente diferentes sendo umas delas uma zona anã (onde os representantes são mais arbustivos), uma zona de manguezal, uma zona totalmente exposta e uma intercalada com outras espécies de não mangues. O local apresentou apenas 73 espécies pertencentes ou inseridas nas famílias Arthoniaceae, Physciaceae e Lecanoraceae. O trabalho mostrou que um número surpreendentemente alto de espécies é único para cada área, sugerindo que pelo menos alguns líquens tem dificuldade em se dispersarem sexualmente ou assexuadamente em certas distâncias, ainda que moderadas.

Os dados mencionados sugerem que as pesquisas com líquens de manguezais ainda são muito escassas pelo mundo e mais ainda no Brasil

## 2.5 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E LOCAIS PESQUISADOS

A lei de nº 9.985/2000 define como Unidades de Conservação – UC - territórios que apresentam ambientes naturais de relevante representatividade ecológica, somados seus recursos bióticos e abióticos, com o propósito de preservação do patrimônio biológico presente naquela área. O Ministério de Meio Ambiente – MMA é o órgão brasileiro que, através do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, faz a regulamentação das áreas de proteção ambiental, dividindo-as em Áreas de Proteção Integral – API, para conservação total da biodiversidade e Áreas de Uso Sustentável – AUS - que buscam conciliar a preservação do meio ambiente com o uso de parte de seus recursos naturais (BRASIL, 2000)

No Brasil, são 2071 unidades de conservação que correspondem a 1.547,792 km<sup>2</sup> do território brasileiro. Destas, 120 unidades têm manguezais em seu interior, abrangendo uma área superior a 12 mil km<sup>2</sup>. Isso representa cerca de 87% desse ecossistema em todo país e estão assim distribuídas: 55 unidades federais, 46 estaduais

e 19 municipais. Cerca de 17%, aproximadamente 2 mil km<sup>2</sup>, são áreas de proteção integral e 87%. Pouco mais de 10 mil km<sup>2</sup>) são de preservação permanente – APP (ICMBio, 2018).

Dos 14 mil Km<sup>2</sup> de manguezais encontrados no litoral brasileiro, aproximadamente 50% desse total (mais de 695 mil hectares) se distribuem pelos estados da região Nordeste do Brasil, sendo o Maranhão o estado com maior extensão territorial desse ecossistema (Quadro 1), e ficando Alagoas e Piauí empatados com as menores extensões.

Para a pesquisa, foram selecionadas áreas de manguezais presentes em cada um dos nove estados do Nordeste do Brasil. Apesar de o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC definir os manguezais como uma Área de Preservação Permanente – APA, RYLANDS; BRANDON (2005), sugerem que as APA são mais próximas de um mecanismo para ordenamento do uso da terra que uma área verdadeiramente protegida, que envolve zoneamentos e incluem algumas unidades de proteção integral. A despeito desta definição, entre os estados da região Nordeste, foram selecionadas 5 áreas de manguezal em reservas estaduais e 4 áreas em reservas federais.

As reservas estaduais pesquisadas foram: Reserva extrativista (Resex) Lagoa do Roteiro, em Alagoas; Reserva do Crasto, na APA do Litoral Sul de Sergipe; APA de Guadalupe, em Pernambuco; APA do Rio Ceará, no estado com mesmo nome e APA de Genipabu, no Rio Grande do Norte. As áreas de mangue pesquisadas nas reservas federais foram: Resex Marinha Baía de Iguapé, na Bahia; APA do Rio Mamanguape, na Paraíba; Parque Nacional (PARNA) dos Lençóis Maranhenses, no Maranhão e APA do Delta do Parnaíba, no Piauí.

**Quadro 1.** Florestas de mangues por estado nordestino e percentual em relação ao total das áreas de mangue e à UF (UF = Unidade de Federação)

<b>Unidade da Federação</b>	<b>Área (há)</b>	<b>% de mangue por UF</b>
Alagoas	5.535,27	0,40
Bahia	89.932,02	6,43
Ceará	19.518,21	1,40
Maranhão	505.490,12	36,13
Paraíba	12.565,22	0,90
Pernambuco	17.172,98	1,23
Piauí	5.549,86	0,40
Rio Grande do Norte	13.535,33	0,97
Sergipe	26.543,63	1,90

TOTAL	695.842.64	49,76
-------	------------	-------

Fonte adaptada de: Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais - Cenima CSR/Ibama, fonte adotada pelo Ministério do Meio Ambiente.

### 2.5.1 Alagoas

O estado de Alagoas possui 27.768 Km<sup>2</sup> de extensão territorial e divide-se em três mesorregiões, a saber, região do Agreste Alagoano, região do Sertão Alagoano e região do Leste Alagoano (IBGE, 2017a).

É composto por uma área de 5.535,27 hectares (ha) de manguezal, o que corresponde a 0,4% do total do mangue brasileiro (ICMBio, 2018).

Apresenta distribuição de cinco tipos de climas, desde úmido a árido, passando por semiárido, subúmido seco e subúmido úmido. Também oferece ampla variabilidade na distribuição das chuvas devido a sua estrutura orográfica (que considera o estudo da distribuição de chuvas e sua relação com o relevo da região) e regimes de ventos locais (Figueiredo, 2002). De acordo com dados da SEPLAG, Alagoas possui ampla variação pluviométrica que varia de 400 a 1900 milímetros (mm) anuais, mantendo, porém, em suas áreas de mangue pesquisadas uma média de 1700 a 1800 mm anuais (ALAGOAS, 2015).

Segundo Calado e Souza (2002), o manguezal alagoano atinge um dossel de aproximadamente 11,5 metros de altura, sendo dois os tipos de mangue predominantes em Alagoas, *Avicennia germinans* L. (mangue preto), que se encontra em menor porção, e *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), que se distribui mais externamente e em maior número entre os canais e ilhas.

Com 742 Km<sup>2</sup>, a Reserva Ecológica da Lagoa do Roteiro é uma reserva estadual, criada através do decreto de nº 32.355/1987 (BRASIL, 1987), que se localiza entre os municípios de Barra de São Miguel e Roteiro, na região do litoral Sul do estado de Alagoas. Criada com objetivo da preservação integral do meio natural, nela são limitadas todas as interferências sobre seu ecossistema, sendo permitida apenas atividades como a pesca tradicional, com coleta de moluscos e demais recursos pesqueiros (BRASIL, 1987).

Esta reserva é banhada pela Lagoa de Roteiro, com uma grande área de manguezais que, a exemplo do que ocorre em todo o Nordeste, apresenta clara pressão

antrópica e regiões mais próximas ao continente com acentuado acúmulo de resíduos sólidos (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2008).

### 2.5.2 Bahia

O Estado da Bahia é o quinto estado do país em extensão territorial, ocupando aproximadamente 37,7% da região Nordeste, com uma área de 564.722,611 km<sup>2</sup> (IBGE, 2017b), desta área, cerca de 70% é localizada na região do semiárido, sendo o maior litoral do Brasil, medindo 1 183 quilômetros, abrigando uma grande variedade de ecossistemas, a saber: Caatinga, a Floresta Atlântica e o Cerrado, além da Zona Costeira, com suas praias, restingas, lagunas e manguezais. A vegetação é caracterizada com uma grande diversidade de ecossistemas, campos rupestres, áreas de transição, além de florestas estacionais e os ecossistemas já citados (DUTRA, 2012)

São identificados, no Estado, três tipos climáticos, o clima quente e úmido sem estação seca; o clima quente, e úmido com estação seca de inverno, e o clima semiárido quente. As temperaturas médias anuais superam 24 graus Celsius e podendo chegar a 26 graus Celsius (GONÇALVES ALCOFORADO, 2005; BAHIA, s\d).

Existem diferenças no que se refere aos índices de precipitação na região da Bahia. Percebe-se que no litoral, a umidade é maior, e os índices de chuvas podem ultrapassar os 1.500 milímetros anuais. No sertão, o período entre janeiro e março é considerado o mais seco e pode não chegar aos 300 milímetros anuais (MARENGO, 2010).

Os mangues da Bahia formam uma área determinada pela *World Wide Fund For Nature* (WWF) como domínio da Floresta Atlântica. No manguezal baiano o clima é úmido e ausente de períodos secos, atingindo até 2.115 mm anuais. Ocorrem na região os três principais tipos de mangues: *Rhizophora* (mangue vermelho), *Avicennia* (mangue preto) e *Laguncularia* (mangue branco) (KIER et al, 2005). De acordo com o Atlas dos Manguezais do Brasil (ICMBio, 2018), a Bahia apresenta cerca de 90mil hectares de mangue, constituindo 6,43% desse ecossistema no território Nacional.

Prost (2011) informa que a Reserva Extrativista Marinha da Baía do Iguape é uma unidade de conservação federal do Brasil considerada como reserva extrativista e

criada por Decreto Presidencial s/n de 11 de agosto de 2000. A RESEX está localizada nos municípios de Maragogipe e Cachoeira, estado da Bahia, abrange uma área total de 8.117,53 ha, envolvendo dois ambientes: 2.831,24 ha inclui terremos de manguezais e 5.286,29 ha de águas internas brasileiras (Unidades de Conservação no Brasil, s/d).

### 2.5.3 Ceará

O Estado do Ceará, cuja capital é Fortaleza, está situado na região Nordeste do Brasil, ocupando uma área de 148.016 km<sup>2</sup> (MAIA, 2016). Faz limite ao leste com a Paraíba e o Rio Grande do Norte, ao sul com Pernambuco e a oeste com o Piauí. O estado é banhado pelo Oceano Atlântico numa extensão de 538km (ARAÚJO, 2016).

O clima do Ceará é tropical na região litorânea e semiárido no interior do estado, com temperaturas variando entre 24 e 32 graus Celsius, a depender da região (GEO SCHAFFER, 2014). Por ter intensa sazonalidade, essa área possui fauna e flora adaptadas a estas condições ambientais. A área protegida dessa vegetação endêmica brasileira é bastante restrita e ainda sofrendo grande degradação (OLIVEIRA, 2003).

Para Araújo (2016), com relação a pluviosidade, esta fica sujeita a um regime irregular, variando de 600 a 1.500mm anuais. Em determinados anos, a estação chuvosa não se produz, desencadeando o fenômeno da seca. Essas condições são ainda agravadas pelo intenso calor, de que resulta um alto índice de evaporação, reduzindo a disponibilidade de água.

A vegetação de dunas, mangues e tabuleiros acaba ocupando poucos espaços na área total do Estado. São predominantemente litorâneos. A vegetação de mangue é encontrada em áreas sob influência das marés, tendo como características porte arbóreo/arbustivo, pobre em variedade (mangue preto, mangue branco e mangue vermelho), higrófila (adaptada à umidade), halófila (adaptada a salinidade) e raízes suspensas.

O estado do Ceará possui uma área de 182,25 km<sup>2</sup> de manguezais (MAIA, 2016). Segundo o Atlas dos mangues do Brasil, chega a 19.518,21 ha, num total de 1,4% de todo mangue do país.

Foi em março de 1999 que o Decreto N°25.413 oficializou a criação da Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará. Em 2018, porém, esta foi ampliada com

a junção ao Rio Mamanguapinho (Decreto N° 32.761, de 16 de julho) e passou a chamar-se Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará-Mamanguapinho, ocupando uma área de 3,892,44 hectares. A área foi palco da colonização portuguesa no estado e apresenta significativo valor ecológico e turístico para a capital Fortaleza (SEMA.CE, 2019).

#### 2.5.4 Maranhão

O estado do Maranhão é o oitavo maior estado do Brasil, e o segundo maior estado da região Nordeste. De acordo com o IBGE (2017) possui uma área de 329.642,170 km<sup>2</sup>, limitando-se com o Piauí ao este, com Tocantins ao sul e sudoeste e a oeste, com o Pará, além do Oceano Atlântico, ao norte. Sua população estimada para 2019 é de 7.075.181 pessoas (IBGE, 2017).

O clima maranhense é tropical úmido, com estações seca (julho a dezembro) e chuvosa (janeiro a junho) bem definidas, com temperatura média em torno de 26°C, precipitação alta e constante maior que 1.500 mm anuais (TEIXEIRA, 2009).

O Estado maranhense possui o segundo maior litoral do país, resultando numa abundante diversidade de ecossistemas. São 640 quilômetros de extensão de praias tropicais, floresta amazônica, vários tipos de cerrados, mangues, delta em mar aberto, além de ter o único deserto do mundo com milhares de lagoas de águas cristalinas. A costa do estado do tem a maior extensão de manguezais do país por apresentar características favoráveis a esse ecossistema: regime de macromarés, elevada pluviosidade, hidrografia rica, alta umidade, entre outros (TERCEIRO, 2014).

O município de Barreirinhas é a porta de entrada para o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. Possui pouco mais de 61 mil habitantes e ocupa uma área de 3111.296Km<sup>2</sup> (IBGE, 2016).

O PARNA dos Lençóis Maranhenses é uma unidade de conservação (UC) de jurisdição federal e foi criada em 02 de junho de 1981, pelo decreto de N°86.060. O Maranhão possui mais de 505 mil hectares de áreas de manguezais, isso representa 36,13% de todo mangue existente para o Brasil (ICMBio, 2018).

#### 2.5.5 Paraíba

O Estado da Paraíba apresenta limites ao norte com o Rio Grande do Norte, com

o Oceano Atlântico a leste, ao Sul com Pernambuco e a oeste com o Ceará. Possui uma área de 56.467,239 km<sup>2</sup> e uma população estimada para 2019 de 4.018.127 habitantes (IBGE, 2017).

Rocha (2010) informa que o clima da Paraíba é tropical úmido no litoral, com uma certa abundância de chuva. Já no interior do estado, o clima apresenta-se semiárido, sujeito a estiagens prolongadas e precipitações abaixo dos 500mm. As temperaturas médias anuais ultrapassam os 26°C (PARAÍBA TOTAL, s/d). O estado apresenta índice pluviométrico muito diverso, de acordo com as suas regiões, no entanto pode-se falar que o estado apresenta precipitação anual que varia de 400mm a 900mm (FRANCISCO, 2015).

A vegetação do litoral paraibano apresenta matas, manguezais e cerrados, que recebem a designação de tabuleiro, formado por gramíneas e arbustos tortuosos. Situados nos estuários, os manguezais exibem árvores com raízes de suporte, adaptadas à sua sobrevivência no mangue. As espécies vegetais apresentadas no manguezal são o mangue-vermelho (*Rhizophora mangle* L.), mangue-canoé (*Avicennia germinans* L.), mangue-branco (*Laguncularia racemosa* L.) e nas proximidades da terra firme mangue-debotão (*Conocarpus erectus* L.) (DE ARAUJO; NISHIDA, 2010). Para os autores, área de manguezal ocupa aproximadamente 10.080 ha do Estado, sendo aproximadamente 5.721 ha no estuário do rio Mamanguape, tornando-se a mais representativa da Paraíba. No entanto, um levantamento mais atual proposto pelo Atlas do Mangue do Brasil (ICMBio, 2018) indica que são 12.565,22 ha de mangues paraibanos, representando 0,90% dos mangues do Brasil.

Neste estado, a região pesquisada foi a Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape que tem jurisdição federal e abrange uma área total de 14.917,79 hectares. Essa área é formada por um bioma marinho Costeiro e foi instituída pelo decreto de N<sup>o</sup>, 924 de 10 de setembro de 1993 (ICMBio, 2019).

### 2.5.6 Pernambuco

O Estado de Pernambuco tem uma população estimada para 2019 de 9.557.071 habitantes, ocupando uma área de 98.068,021 km<sup>2</sup> (IBGE, 2017) e se localiza no centro-leste da região Nordeste, fazendo limites com os estados da Paraíba, do Ceará, de Alagoas, da Bahia e do Piauí, além de ser banhado pelo oceano Atlântico. Também

fazem parte do seu território os arquipélagos de Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo (PERNAMBUCO, 2019)

De Oliveira Andrade (2007) mostra que Pernambuco tem um clima que varia entre 18 a 38 graus Celsius, e nas áreas pouco extensas e elevadas encontram-se temperaturas mais baixas, amenizadas pela altitude. Pernambuco apresenta um dos maiores déficits hídricos do Brasil. A chuva apresenta frequências médias que ocorrem entre as precipitações de 400 a 700 mm anuais, no estado. A sua rede hidrográfica possui modesta extensão, largura e volume d'água, no entanto nos alto e médio cursos, se apresentam bastante largas nas proximidades da foz, devido à influência das marés, e correm em amplas várzeas lamacentas de solos turfosos onde desenvolvem-se manguezais.

Segundo o Atlas de mangues do Brasil (ICMBio, 2018), Pernambuco possui a quinta maior extensão de manguezais do Nordeste, com cerca de 1,23% da cobertura dessa vegetação no país. Seus manguezais, apesar de protegidos desde 1993 pelo Decreto Federal nº 750, vêm sofrendo fortes impactos negativos face à atuação do homem (DE OLIVEIRA ANDRADE, 2007). Neste estado, a área de extensão dos mangues é estimada em 160 km<sup>2</sup> (DE LACERDA, 2006). A área possui solo lamacento e arenoso típico desses ecossistemas, onde a vegetação arbórea é predominantemente composta por *Rhizophora mangle* L., *Avicennia schaueriana* Staft & Leemann e *Laguncularia racemosa* Gaerth (BRANCO, 2003).

A APA de Guadalupe foi criada através do Decreto nº 19.635, de 13 de março de 1997, sendo composta desde sempre por áreas públicas e particulares, com espaços servindo tanto para veraneio, como agricultura e turismo, com ampla diversidade de ambientes e atividades econômicas. Esta área abrange os municípios de Sirinhaém que possui pouco mais de 32 hectares na região continental e mais de 12 hectares em área marítima. Um outro decreto estadual de dezembro de 1998, de Nº 21.135, criou um conselho gestor e regulamentou o uso do solo em seu território com a aprovação do Zoneamento ecológico-econômico para a área.

### 2.5.7 Piauí

O estado do Piauí é o terceiro maior do Nordeste, correspondente a 16,2% do território nordestino e o décimo Estado Nacional, apesar disso, possui um reduzido

litoral de 60 km de extensão, ao norte, onde se encontra com o oceano Atlântico (DATASUS, 2019).

Com relação ao clima e em consequência de sua disposição, o Estado do Piauí é caracterizado, em relação a sua fisiografia, como uma típica zona de transição, expondo, aspectos do semiárido do Nordeste, da pré-Amazônia e do Planalto central do Brasil. As condições de umidade das diferentes áreas, as regiões difundem-se em faixas equivalentes, com a caatinga arbórea e arbustiva dominando no sudeste, a floresta decidual no Baixo e Médio Parnaíba, Cerrado e Cerradão, no centro-leste e sudoeste e as formações pioneiras de restinga, mangue e aluvial campestre, na zona litorânea (PIAUI, s/d).

As temperaturas do Piauí apresentam-se elevadas medianamente, alternando-se entre 18 e 39 graus Celsius. Há também uma oscilação entre 60 e 84%. Vê-se que os níveis anuais de precipitação pluviométrica se situam entre 1000 e 1.600 mm, no litoral e às margens do rio Parnaíba. A constância de chuvas diminui de acordo com seu avanço para a região sudeste do Estado, no entanto, em 35% do Piauí, os níveis anuais médios de precipitação são abaixo de 800 mm (PIAUI, s/d).

O Estado do Piauí, mesmo com o menor litoral do Brasil, juntamente com o Maranhão possui o Delta do Parnaíba, sendo o único delta das Américas em mar aberto. Só há três no mundo: Delta do Nilo (Egito), Delta do Mekong (Vietnã) e Delta do Parnaíba (Brasil). O rio Parnaíba nasce no sul do Piauí, percorre quase 1500 km até se decompor em cinco braços e se misturar ao Oceano Atlântico. Este trecho denominado Delta do Parnaíba, é composto por mais ou menos 70 ilhas que contém uma opulenta vegetação por apresentarem características de litoral e mata ciliar, de acordo com a aproximação marinha do mar, formando manguezais ou praias de areia fina com dunas gigantes. Em decorrência de ações de acúmulo fluvial e marinho e sob influência das condições destes ambientes, desenvolvem-se vastas áreas de manguezais com uma vegetação altamente especializada. Os manguezais piauienses apresentam uma estimada função econômica e sustentável, e são fontes de subsistência para os habitantes do litoral, denominados caiçaras (DELTA EXPLORER, 2019).

Composta por três estados (Piauí, Maranhão e Ceará) e dez municípios nordestinos (Tutoia, Paulino Neves, Araiões e Água Doce no Maranhão, Ilha Grande,

Parnaíba, Luís Correia e Cajueiro da Praia no Piauí, Chaval, Barroquinha no Ceará), a APA do Delta da Parnaíba foi criada em 28 de agosto de 1996 (Decreto s/n) e possui uma área de mais de 307 mil hectares

De acordo com o Atlas de mangues do Brasil (ICMBio, 2018), o Piauí é segundo estado com menor área de manguezal no país, ficando atrás somente de Alagoas. São pouco mais de 5.500 ha, representando 0,04% dos mangues nacionais.

#### 2.5.8 Rio Grande do Norte

O Rio Grande do Norte está situado no Nordeste do Brasil, fazendo limites ao norte e a leste com o Oceano Atlântico, ao sul com a Paraíba e a oeste com o Ceará. Possui 167 municípios e sua área total é de 52.809,602 km<sup>2</sup>, sendo um dos menores estados do País, e o é o décimo sexto estado mais populoso do Brasil, com uma estimativa de 3.506.853 habitantes para 2019 (IBGE, 2017).

O clima predominante no estado é o semiárido quente, que prevalece em quase todo o interior do estado, já no litoral e na porção oeste o clima tropical se destaca (BRITANNICA, 2019), com predominância de chuvas entre 400 a 800 mm anuais e índices acima de 1000mm eventualmente (DINIZ, 2015).

De acordo com Medeiros; De Carvalho e Pimenta (2014) os manguezais do RN se estendem por 130km de extensão dos manguezais do Nordeste, sendo distribuídos em sete zonas estuarinas no litoral Oriental associadas aos rios Curimataú, Cunhaú, Potengi, Ceará- Mirim, Nísia Floresta, Papeba e Guaraíra. No Litoral Norte, as principais ocorrências são notadas nas zonas estuarinas dos rios Apodi – Mossoró e Piranhas - Açú, e nos canais de mares. Os autores informam ainda que seu grupo florístico é composto pelos grupos *Avicennia nitida*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*, além de uma representação menor de *Conocarpus erectus*.

A APA de Genipabu foi criada por meio do decreto de N° 12.620 de 17 de maio de 1995 e embora seja um estado pequeno, o Rio Grande do Norte possui 0,97% de todo manguezal brasileiro, e isso é bastante significativo (RIO GRANDE DO NORTE, 1995).

#### 2.5.9 Maranhão

O estado de Sergipe está situado na Região Nordeste do Brasil e tem limites com o oceano Atlântico à leste, com os estados da Bahia, à oeste e ao norte com o sul de Alagoas, do qual está separado pelo Rio São Francisco (SANTOS, 2019). É o menor dos estados brasileiros, ocupando uma área total de unidade territorial de 21.926,908 km<sup>2</sup> (IBGE, 2017). De acordo com o IBGE (2017), a população estimada para 2019 é de 2.298.696 habitantes, sendo o sexto estado menos populoso do país.

Santos (2019) explica que o clima é tropical, mais úmido próximo ao litoral com uma pluviosidade média anual de 1600 mm na capital, e semiárido, no sertão. Em algumas ocasiões, a seca no Oeste do estado pode se prolongar por quase um ano.

Segundo a ADEMA (Administração Estadual de Meio Ambiente), Sergipe tem aproximadamente 262 km<sup>2</sup> de manguezais. Diegues (2001) comenta que em Sergipe os manguezais destacam-se em inúmeros canais e rios, como o Sergipe. Segundo o projeto RADAM-BRASIL (VELOSO, 1991), os manguezais recobrem cerca de 5% da superfície do estado de Sergipe, sendo a vegetação predominante dos estuários, podendo adentrar até 25 km a partir da linha da costa.

A APA do litoral sul de Sergipe foi instituída em 21 de janeiro de 1993, através do decreto de N° 13.468. Esta área de proteção ambiental (APA) abrange os municípios de Itaporanga, Estância, Andiroba e Santa Luzia do Itanhhy, sendo este último o escolhido para a realização das coletas das amostras liquênicas. (ADEMA, 2017).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 ÁREAS DE COLETA**

**Figura 4.** Mapa das áreas de coleta

Fonte: Dados da pesquisa

Foram nove as áreas de manguezal selecionadas para o trabalho de campo, todas situadas em regiões de proteção ambiental, sendo uma em cada estado da Nordeste. Destas, quatro são reservas federais e cinco são reservas estaduais (Quadro 2).

**Quadro 2.** Áreas de coleta

<b>ESTADO</b>	<b>RESERVA</b>	<b>JURISDIÇÃO</b>
<b>AL</b>	RESEC Lagoa do Roteiro	Estadual
<b>BA</b>	RESEX Marinha Baía de Iguapé	Federal
<b>CE</b>	APA do Rio Ceará	Estadual
<b>MA</b>	PARNA Lençóis Maranhenses	Federal
<b>PB</b>	APA da Barra do Rio Mamanguape	Federal
<b>PE</b>	APA de Guadalupe	Estadual
<b>PI</b>	APA do Delta do Parnaíba	Federal
<b>RN</b>	APA de Genipabu	Estadual
<b>SE</b>	APA do Litoral Sul	Estadual

Fonte: Dados da pesquisa

A região de manguezal selecionada por estado nordestino foi dividida em três subáreas de coleta, sendo cada uma delas, uma unidade amostral da pesquisa. A identificação foi feita com a sigla do estado de origem e o número da área georreferenciada. A saber: Alagoas – Al1, Al2 e Al3; Bahia – Ba1, Ba2 e Ba3; Ceará – Ce1, Ce2 e Ce3; Maranhão – Ma1, Ma2 e Ma3; Paraíba – Pb1, Pb2 e Pb3; Pernambuco – Pe1, Pe2 e Pe3; Piauí – Pi1, Pi2 e Pi3; Rio Grande do Norte – Rn1, Rn2 e Rn3 e Sergipe – Se1, Se2 e Se3.

**Quadro 3.** Georreferenciamento dos locais de coleta

ESTADO	DATA	LOCAIS
AL	17 de Março de 2017	S9° 50.595' W35° 56.817'
BA	08 de junho de 2019	S12° 46.749' W38° 54.420'
CE	05 de Dezembro de 2017	S3° 42.065' W38° 36.403'
MA	07 de Dezembro de 2017	S2° 44.612' W42° 49.986'
PB	12 de Dezembro de 2018	S6° 46.676' W34° 55.870'
PE	10 de Junho de 2017	S8° 35.724' W35° 03.896'
PI	06 de Dezembro de 2017	S2° 52.214' W41° 40.231'
RN	13 de Dezembro de 2018	S5° 40.666' W35° 13.333'
SE	01 de Abril de 2017	S11° 23.679' W37° 24.072'

Fonte: Dados da pesquisa

As saídas de campo para coleta dos talos liquênicos aconteceram nas datas citadas no quadro 3, sempre com baixa mar inferior a 1.0. O tempo de coleta definido foi de uma manhã e uma tarde consecutivas para cada região de pesquisa. O percurso até às reservas foi feito em carro particular e os acessos aos locais de trabalho foram feitos em pequenas embarcações até a entrada de mangue escolhida, depois seguíamos a pé para o interior da área. Nesta, coletávamos em todas as árvores que tivessem os talos e, dentro de um raio de 50 metros, obedecendo a um número mínimo de 15 árvores, totalizando 45 por estado.

**Figura 5.** Representação gráfica da metodologia de coleta

Fonte: Dados da pesquisa

### 3.2 COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

Para busca dos talos foi utilizado o método de caminhamento proposto por Cáceres (2007). Em campo, as amostras eram retiradas das árvores com auxílio de faca e martelo, sem limite de altura da localização dos talos nos galhos, em seguida

colocadas em sacolas plásticas previamente identificadas com a sigla do estado e o número da área. No laboratório, as amostras foram prensadas em prensa botânica por até 15 dias, com frequente revisão e substituição do material para secagem (jornais e papelões). Antes dessa etapa, porém, as amostras passaram pela primeira triagem para limpeza dos talos – isso acontecia porque muitas cascas apresentavam fragmentos em decomposição, situação comum nos manguezais.

A etapa seguinte consistiu em usar cola branca para colar os talos em papel cartão, também branco, medindo 14X9 cm. Após secagem, os cartões receberam as etiquetas de identificação onde estavam registradas as datas, estado e nome da área de proteção. Cartões já preparados com as espécies seguiam para o freezer a menos 23 graus celsius (-23°) por cerca de 15 dias para descontaminação por artrópodes. Depois desse prazo, as amostras seguiam para identificação.

### 3.3 IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS

Foram utilizados dois métodos para identificação das espécies liquênicas, o macroscópico e o microscópico. Como caracteres macroscópicos foram observadas cor e forma do talo; Tipo, cor e forma das estruturas de reprodução (ascomas); E tipo e cor da margem apotecial e do disco. A análise das características macroscópicas foi realizada com o auxílio de lupa binocular (microscópio estereoscópico) da marca Leica, modelo EZ4.

Para identificação macroscópica, foram feitos cortes dos talos liquênicos, dos corpos de frutificação e das estruturas de reprodução. Estes cortes foram colocados entre lâmina e lamínula com uma gota de água destilada; Foram observados os caracteres de valor taxonômico para cada grupo específico, como presença, dimensão, coloração e septação dos esporos; Número de esporos por asco; Pigmentação do hipotécio, ramificação das paráfises, presença ou não de inspensão do himênio, largura e comprimento de epimênio, largura e carbonização do excípulo, entre outras características. Além disso, ainda como caracteres taxonômicos foram feitos testes de coloração histoquímica, proposta por NASH (2008) com o uso de testes I (Iodo- lugol a 2%), teste K (Hidróxido de potássio, KOH, a 10%), teste C (Hipoclorito de sódio, NaClO) e teste P (Parafenilamina).

A observação dos caracteres microscópicos foi feita com uso do microscópio

óptico Leica DM500.

Para identificação das amostras em nível de espécies foram utilizadas as seguintes chaves de identificação: Aptroot (2008, 2012); Cáceres (2007); Dal Forno (2009); Lücking et al. (2009); Lücking & Rivas-Plata (2008); Staiger (2002); Sipman (2002); Rivas-Plata et al (2009), entre outros. Além disso, também aconteceram contribuições presenciais com especialistas como o Doutor André Aptroot, HBL, Herbarium, Holanda, a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marcela Cáceres – UFS, SE e a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edvaneide Leandro, UFPE, PE.

### 3.4 ANÁLISES ECOLÓGICAS E ESTATÍSTICAS

As análises foram feitas a partir de planilhas de presença e ausência, construídas no programa Excel 2010 e para os dados estatísticos foi usado o Programa PcOrd 5.10. Para as análises da comunidade de líquens foram determinados: Riqueza de espécies (S); o Índice de diversidade de Margalef (d); a Frequência relativa das espécies ( $Fr = j/k * 100$ , onde  $j$  = número de áreas onde a espécie ocorre;  $k$  = número total de parcelas).

A riqueza de espécies (S) foi determinada pelo número total de espécies identificadas em cada área de estudo, já o índice de Margalef (d) foi estimado pela equação:  $d = (S-1)/\ln N$ ; onde S é o número total de espécie; N é o número de total de indivíduo de todas as espécies – este foi utilizado como um índice de riqueza. Em seguida, foram realizadas análises de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ), utilizando o programa Statistica 6.0.

Nas análises de comparação entre as áreas de mangue e Floresta Atlântica a Multi- Response Permutation Procedures (MRPP) e as análises de Cluster com o Beta flexível, foram realizadas utilizando o programa PcOrd 6.2.

As análises da composição e distribuição das comunidades de líquens foram realizadas com os dados de presença e ausência das espécies nas áreas estudadas. Os dados da composição das comunidades de líquens foram ordenados usando “nonmetric multidimensional scaling” (NMS) (KRUSKAL, 1964). Esse método é apropriado para representar graficamente n elementos em um espaço de dimensão menor do que o original, levando em consideração a distância ou a dissimilaridade entre os elementos. A análise de variância de permutação multivariada (PERMANOVA) é baseado na

distância de Sørensen e foi realizada para determinar possíveis diferenças com relação a composição da comunidade de líquens ao longo da costa do Nordeste.

Para análise de espécies indicadoras, utilizou-se o teste de Monte Carlo (DUFRENE; LEGENDRE, 1997); considerando como valor de indicação  $\geq 25$  e nível de significância  $<5\%$ . Essa análise foi realizada para detectar possíveis relações entre espécies de líquens com os locais estudados. A análise de espécies indicadoras, NMS e PERMANOVA foram realizados utilizando o programa PC-ORD 6.0 (MCCUNE; MEFFORD, 2011).

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram nove as áreas de manguezal selecionadas para o trabalho de campo, todas situadas em regiões

Foram analisadas 1694 exsicatas contendo os espécimes líquênicos, coletados em nove áreas de manguezais do Nordeste brasileiro, sendo uma em cada estado, a saber, Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe.

No total, registrou-se pela primeira vez, 158 táxons para as áreas costeiras de mangue nordestino (quadro 4). Estas espécies se distribuíram em 60 gêneros e 20 famílias, sendo duas delas - *Lecanora parachroa* e *Pyrenula fluorescensverrucosa* - novos registros para ciência.

Das 158 espécies registradas para os mangues do Nordeste brasileiro, apenas 13 delas (em destaque no quadro 4) já haviam sido citadas para esse ecossistema no país, o que indica pouco mais de 90% de novos registros. O mesmo acontecendo com 24 dos 60 gêneros registrados, perfazendo um total de 60% de novos gêneros para regiões de mangue do Brasil.

São gêneros já citados: *Arthothelium*, *Bacidia*, *Bactrospora*, *Buellia*, *Bulbothrix*, *Caloplac*, *Cladonia*, *Coccocarpia*, *Enterographa*, *Glyphis*, *Graphis*, *Lecanora*, *Leptogium*, *Mazosia*, *Ocellularia*, *Opegrapha*, *Parmotrema*, *Pertusaria*, *Phaeographis*, *Phyllopsor*, *Physcia*, *Porina*, *Pyrenula*, *Pyxine*, *Ramalina*, *Relicina* e *Trypethelium*.

**Quadro 4.** Espécies líquênicas registradas para as áreas de manguezal nordestino - Brasil.

ESPÉCIES	AL	BA	CE	MA	PI	RN	PB	PE	SE
<i>Amandinea diorista</i> (Nyl.) Marbach			X						
<i>Amandinea efflorescens</i> (Müll. Arg.) Marbach		X				X	X		X
<i>Amandinea extenuata</i> (Müll. Arg.) Marbach		X							
<i>Amandinea melaxanthella</i> (Nyl.) Marbach						X	X		
<i>Arthonia antillarum</i> (Fée) Nyl.								X	
<i>Arthonia complanata</i> Fée				X					
<i>Arthonia parantillarum</i> Aptroot			X	X	X	X	X		X
<i>Arthonia</i> sp.	X	X	X		X			X	
<i>Arthothelium</i> sp.	X			X	X		X		X
<i>Asthothelium</i> cf. <i>Komposchii</i> Aptroot				X					
<i>Astrothelium leucosessile</i> Lücking, M.P. Nelsen & Aptroot						X			

<i>Astrothelium phlyctaena</i> (Fée) Aptroot & Lücking	X	X							X
<i>Astrothelium scoria</i> (Fée) Aptroot & Lücking						X			
<i>Astrothelium</i> sp.	X								
<i>Bacidia arceutina</i> (Ach.) Arnold		X							
<i>Bacidia medialis</i> (Tuck.) Zahlbr.	X			X			X	X	
<i>Bactrospora denticulata</i> (Vain.) Egea & Torrente	X								X
<i>Bactrospora jenikii</i> (Vězda) Egea & Torrente		X	X		X		X	X	
<i>Bactrospora myriadea</i> (Fée) Egea & Torrente						X			
<i>Bactrospora</i> sp.		X		X				X	
<i>Baculifera epiviolasces</i> Marbach								X	
<i>Baculifera intermedioides</i> Marbach							X		
<i>Baculifera Pseudomicromera</i> Marbach								X	
<i>Baculifera</i> sp.							X		
<i>Bathelium madreporiforme</i> (Eschw.) Trevis.		X							
<i>Buellia mamillana</i> (Tuck.) W.A. Weber		X							
<i>Buellia</i> sp.		X				X	X		
<i>Bulbothrix ventricosa</i> (Hale & Kurok.) Hale		X							
<i>Caloplaca bassiae</i> (Ach.) Zahlbr.	X	X				X		X	X
<i>Caloplaca</i> sp.						X	X		
<i>Canoparmelia crozalsiana</i> (B. de Lesd. Ex Harm.) Elix & Hale		X							
<i>Canoparmelia</i> sp.	X								
<i>Carbacanthographis candidata</i> (Nyl.) Staiger & Kalb	X								
<i>Carbacanthographis</i> sp.	X								
<i>Chapsa discoidea</i> (Stirt.) Lücking	X								
* <i>Cladonia subradiata</i> (Vain.) Sandst.		X							
* <i>Coccocarpia erythoxyli</i> (Spreng.) Swinscow & Krog									X
* <i>Coccocarpia palmicola</i> (Spreng.) Arv. & D.J. Galloway								X	
<i>Coniocarpon cinnabarinum</i> DC.				X					
<i>Constrictolumina malaccitula</i> (Nyl.) Lücking, M.P. Nelsen & Aptroot				X					
<i>Constrictolumina malaccitula</i> (Nyl.) Lücking, M.P. Nelsen & Aptroot	X								
<i>Cratiria obscurior</i> (Stirt.) Marbach & Kalb							X	X	
<i>Cratiria</i> sp.						X	X	X	
<i>Cryptothecia</i> sp.		X		X		X			
<i>Cryptothecia striata</i> G. Thor						X			X
<i>Dictymeridium</i> sp.							X		
<i>Diorygma poitaei</i> (Fée) Kalb, Staiger & Elix	X								
<i>Dirinaria applanata</i> (Fée) D.D. Awasthi	X					X			
<i>Dirinaria picta</i> (Sw.) Clem. & Shear	X	X	X	X		X		X	X
<i>Dyplolabia afzelii</i> (Ach.) A. Massal.	X								
<i>Enterographa pallidella</i> (Nyl.) Redinger	X					X	X	X	

<i>Enterographa sp. 1</i>						X			
<i>Enterographa sp. 2</i>						X			
<i>Enterographa subserialis</i> (Nyl.) Redinger				X					
<i>Fissurina dumastii</i> Fée							X		
<i>Fissurina pseudostromatica</i> Lücking & Rivas Plata				X					
<i>Fissurina sp.</i>				X		X	X		
<i>Gassicurtia sp.</i>		X				X			
* <i>Glyphis cicatricosa</i> Ach.	X	X		X			X		
<i>Glyphis scyphulifera</i> (Ach.) Staiger							X		
<i>Graphis caesiella</i> Vain.		X	X	X		X			
<i>Graphis cicatricosa</i> (Ach.) Vain.				X			X		
<i>Graphis cincta</i> (Pers.) Aptroot							X		
<i>Graphis elongata</i> Zenker						X			
<i>Graphis erythrocardia</i> Müll. Arg.						X			
<i>Graphis furcata</i> Fée				X					
* <i>Graphis glaucescens</i> Fée				X					
<i>Graphis librata</i> C. Knight					X				
<i>Graphis sp.</i>						X			
<i>Graphis sp. 1</i>						X			
<i>Graphis sp. 2</i>						X			
<i>Hafellia bahiana</i> (Malme) Sheard						X		X	X
<i>Hafellia pruinosa</i> Marbach & Kalb						X			
<i>Hemithecium sp.</i>	X								
<i>Hypotrachyna sp.</i>	X								
<i>Lecanora helva</i> Stizenb.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Lecanora hypocrocina</i> Nyl.							X		
<i>Lecanora leproplaca</i> Zahlbr.	X	X				X	X	X	X
<i>Lecanora leprosa</i> Fée	X	X						X	X
<i>Lecanora parachroa</i> (Esp. Nov)								X	
<i>Lecanora sp.</i>							X	X	
<i>Lecanora tropica</i> Zahlbr.							X	X	
<i>Leptogium sp.</i>		X				X			
<i>Leucodecton occultum</i> (Eschw.) Frisch		X							
<i>Leucodecton sp.</i>				X					
<i>Malmidea fuscella</i> (Müll. Arg.) Kalb & Lücking							X		
<i>Mazosia carnea</i> (Eckfeldt) Aptroot & M. Cáceres		X		X			X		
<i>Mazosia endonigra</i> M. Cáceres & Aptroot				X					
<i>Mazosia viridescens</i> (Fée) Aptroot & M. Cáceres				X					
<i>Neoprotoparmelia brasiliisidiata</i> Garima Singh, M. Cáceres & Aptroot	X								
<i>Nyungwea anguinella</i> (Nyl.) Aptroot			X	X	X	X	X		
<i>Ocellularia bahiana</i> (Ach.) Frisch	X	X		X					X
<i>Ocellularia sp.</i>	X		X	X					
<i>Opegrapha sp.</i>					X	X	X	X	X
<i>Opegrapha sp. 2</i>			X	X					
<i>Opegrapha sp. 3</i>				X		X			
<i>Opegrapha sp. 1</i>			X	X	X				
* <i>Parmotrema praesorediosum</i> (Nyl.) Hale						X			

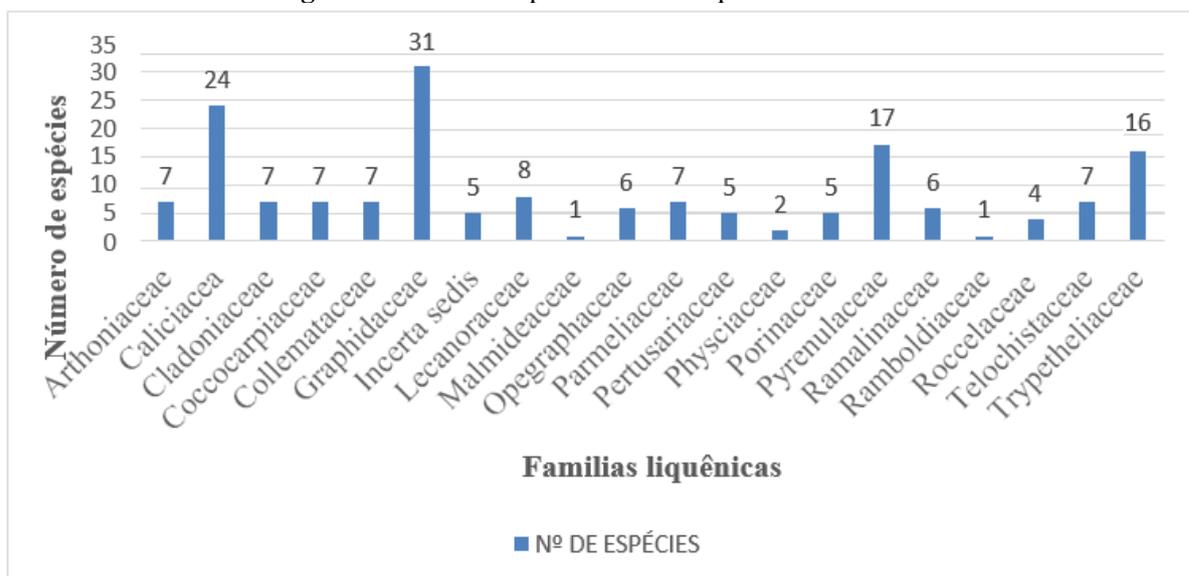
<i>Parmotrema</i> sp.						X			
<i>Parmotrema tinctorum</i> (Despr. ex Nyl.) Hale		X							
<i>Pertusaria dehiscens</i> Müll. Arg.							X		
* <i>Pertusaria flavens</i> Nyl.			X			X	X		X
<i>Pertusaria</i> sp.		X					X		
<i>Pertusaria wulfenioides</i> B. de Lesd.	X							X	X
<i>Phaeographis aff punctiformis</i> (Eschw.) Müll. Arg.						X			
<i>Phaeographis brasiliensis</i> (A. Massal.) Kalb & Matthes-Leicht	X		X						
<i>Phaeographis dendritica</i> (Ach.) Müll. Arg.							X		
<i>Phaeographis sculpturata</i> (Ach.) Staiger		X							
<i>Phaeographis</i> sp.		X		X		X			
<i>Phyllopsora furfuracea</i> (Pers.) Zahlbr.	X								
<i>Physcia atrostriata</i> Moberg									X
* <i>Physcia solediosa</i> (Vain.) Lynge	X								
<i>Polymeridium jordani</i> (C.W. Dodge) Aptroot	X								
<i>Polymeridium julelloides</i> E.L. Lima, M. Cáceres & Aptroot					X				
<i>Porina curtula</i> Malme				X					
<i>Porina melanops</i> Malme				X					
* <i>Porina nucula</i> Ach.				X					
<i>Porina</i> sp.				X					
<i>Porina tetracerae</i> (Ach.) Müll. Arg.				X					
<i>Pseudochapsa dilatata</i> (Müll. Arg.) Parnmen, Lücking & Lumbsch					X				
<i>Pseudopyrenula subgregaria</i> Müll. Arg.									X
<i>Pyrenula acutispora</i> Kalb & Hafellner				X					
* <i>Pyrenula bahiana</i> Malme	X							X	X
* <i>Pyrenula cerina</i> Eschw.	X	X			X	X	X	X	X
<i>Pyrenula circumfiniens</i> Vain.				X					
<i>Pyrenula confinis</i> (Nyl.) R.C. Harris	X	X					X	X	X
<i>Pyrenula cruenta</i> (Mont.) Vain.							X		
<i>Pyrenula cuyabensis</i> (Malme) R.C. Harris									X
<i>Pyrenula diluta</i> (Fée) Tuck.				X					
<i>Pyrenula fluorescens</i>							X		
<i>Pyrenula fluorescensverrucosa</i> (Esp. Nov)							X		
<i>Pyrenula ochraceoflava</i> (Nyl.) R.C. Harris	X		X	X	X	X			
<i>Pyrenula oxyspora</i> Müll. Arg.				X					
<i>Pyrenula parvinuclea</i> (Meyen & Flot.) Aptroot			X		X				
<i>Pyrenula pyrenuloides</i> (Mont.) R.C. Harris							X		
<i>Pyrenula quassicola</i> Fée	X					X			
<i>Pyrenula septicollaris</i> (Eschw.) R.C. Harris	X								
<i>Pyrenula subcinerea</i> (Nyl.) Tuck.						X			
<i>Pyrenula thelemorpha</i> Tuck.					X				
<i>Pyxine albovirens</i> (G. Mey.) Aptroot									X
<i>Pyxine berteriana</i> (Fée) Imshaug							X		
<i>Pyxine cocoes</i> (Sw.) Nyl.			X		X	X	X		
<i>Pyxine eschweileri</i> (Tuck.) Vain.	X								X

<i>Pyxine petricola</i> Nyl.								X		
<i>Ramalina gracilis</i> (Pers.) Nyl.								X		
<i>Ramalina</i> sp.								X		
<i>Ramboldia haematites</i> (Fée) Kalb, Lumbsch & Elix										X
* <i>Relicina abstrusa</i> (Vain.) Hale		X								
<i>Sarcographa labyrinthica</i> (Ach.) Müll. Arg.	X									
<i>Sarcographa</i> sp. 1		X								
<i>Sarcographa</i> sp.3		X								
<i>Sarcographa tricoso</i> (Ach.) Müll. Arg.		X		X						X
<i>Thallolooma</i> sp.	X									
<i>Thelotrema pachysporum</i> Nyl.										X
<i>Traponora asterella</i> Aptroot							X			
<i>Trypethelium eluteriae</i> Spreng.								X		X
* <i>Trypethelium ochroleucum</i> (Eschw.) Nyl.								X		
<i>Trypethelium</i> sp.								X		

Fonte: Dados da pesquisa

Entre as 20 famílias liquênicas registradas, *Graphidaceae*, *Caliciaceae*, *Pyrenulaceae* e *Trypetheliaceae* foram as mais Representativas, de acordo com o número de espécies que apresentaram, com 31, 24, 17 e 16 espécies respectivamente. (Figura 6).

**Figura 6.** Famílias liquênicas mais representativas



Fonte: Dados da pesquisa

Das espécies identificadas, quinze delas foram comuns à, pelo menos, três estados. *Lecanora helva* foi a única espécie presente em todos os estados (Quadro 5)

**Quadro 5.** Espécies compartilhadas por mais de dois Estados no nordeste do Brasil

ESTADOS	ESPÉCIES COMUNS
AL BA CE MA PB PE PI RN SE	<i>Lecanora helva</i>
AL BA CE MA PB PE PI SE	<i>Arthonia sp.</i>
CE MA PB PE PI RN SE	<i>Opegrapha sp4, Arthonia parantillarum</i>
BA CE PB PE RN SE	<i>Pyrenula cerina</i>
AL BA CE PE RN SE	<i>Dirinaria picta</i>
AL BA CE PB PE SE	<i>Lecanora leprosa</i>
AL MA PE PI SE	<i>Arthothelium sp.</i>
AL MA PB PE SE	<i>Bacidia medialis</i>
BA CE PB PE PI	<i>Bactrospora jenikii</i>
AL BA PE RN SE	<i>Lecanora leproplaca</i>
CE MA PB PE	<i>Pyrenula sp.</i>
CE PB PI	<i>Pyrenula cocoes</i>
AL BA PE	<i>Glyphis cicatricosa</i>
AL BA SE	<i>Ocellularia bahiana</i>

Fonte: Dados da Pesquisa

A Paraíba foi o estado com o maior número de espécies identificadas, seguido pela Bahia e Sergipe. Pernambuco e Bahia tiveram o maior número de táxons exclusivos em contrapartida, o Ceará e o Piauí tiveram os menores números (Quadro 6).

**Quadro 6.** Número total de táxons de líquens identificados e número de táxons exclusivos por Estado.

Estados	Nº total de táxons identificados	Nº de táxons exclusivos	Táxons exclusivos (%)
Pernambuco	29	21	72,4
Bahia	48	21	43,8
Rio Grande do Norte	38	16	42,1
Maranhão	27	11	40,7
Sergipe	44	12	27,3
Alagoas	19	02	10,5
Paraíba	67	04	6,0
Piauí	15	01	6,7
Ceará	21	01	4,8

Fonte: Dados da pesquisa

Houve diferença significativa entre os estados tanto para a riqueza (S), quanto para a diversidade de Margalef (d). Maior riqueza e maior diversidade foram observadas na Paraíba, diferindo significativamente de Alagoas, Ceará, Maranhão, Pernambuco e Piauí (Quadro 7).

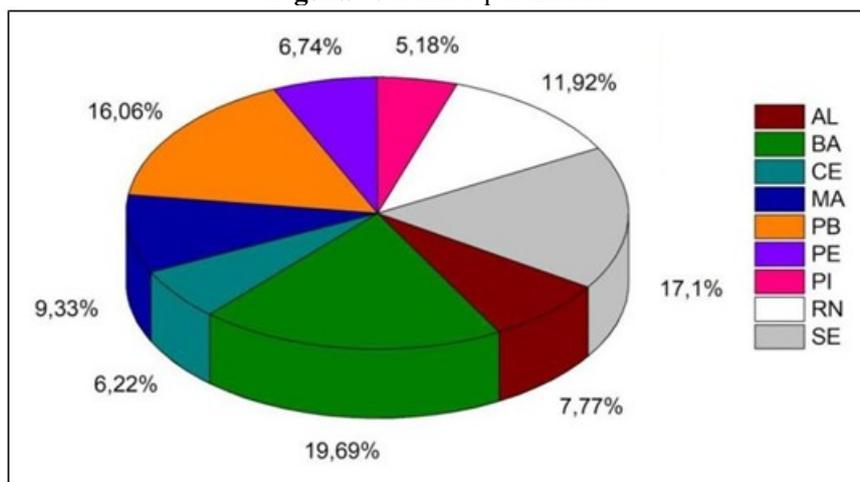
**Quadro 7.** Índices de Riqueza (s) e diversidade de Margalef (d) de líquens de diferentes Estados do Nordeste

Estados	Riqueza (s)	Índice de Margalef (d)
Alagoas	9,6 b	3,7 b
Bahia	21,0 ab	6,5 ab
Ceará	9,3 b	3,7 b
Maranhão	11,6 b	4,3 b
Paraíba	31,0 a	8,7 a
Pernambuco	12,0 b	4,3 b
Piauí	6,6 b	2,9 b
Rio Grande do Norte	17,6 ab	5,7 ab
Sergipe	18,6 ab	6,0 ab

Fonte: Dados da Pesquisa

Os estados da Bahia, Sergipe e Paraíba foram os locais com a maior ocorrência de espécies nos gêneros identificados (60), sendo os mais representativos *Dirinaria*, *Cladonia*, *Sarcographa*, *Pyrenula*, *Phaeographis* e *Lecanora* para a Bahia; *Arthonia*, *Astrothelium*, *Pertusaria*, *Lecanora* e *Pyrenula* para Sergipe e *Glyphis*, *Lecanora*, *Mazosia*, *Phaeographis*, *Sarcographa*, *Arthothelium*, *Bacidia* para a Paraíba. Rio Grande do Norte e Maranhão tiveram como gêneros mais representativos, *Hafellia*, *Amandinea*, *Lecanora*, *Opegrapha*, *Graphis*, *Pyrenula* e *Dirinaria* e *Thalloleoma*, *Thelotrema*, *Traponora* e *Trypethelium* no Maranhão. Ceará, Alagoas, Pernambuco e Piauí foram os estados com a menor ocorrência de espécies nos gêneros identificadas (Figura 7).

**Figura 7.** Gênero por Estado



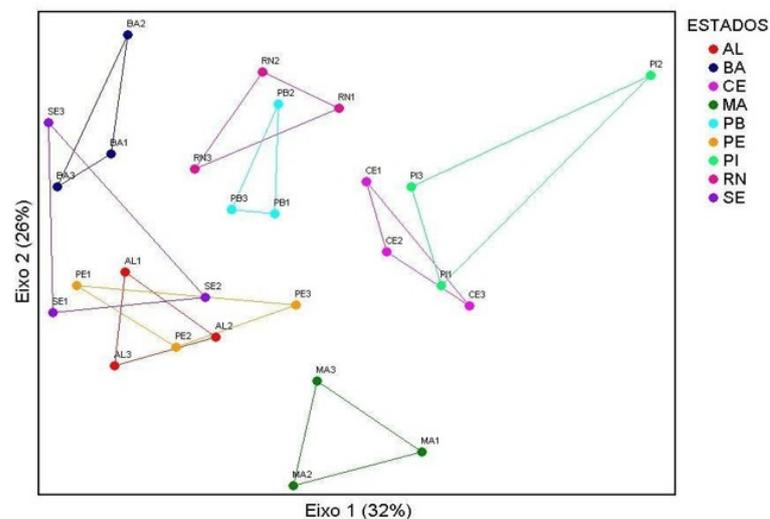
Fonte: Dados da pesquisa

Os dados da composição das comunidades de líquens foram ordenados usando “*nonmetric multidimensional scaling*” (KRUSKAL, 1964). A ordenação NMS agrupou os estados em três grandes grupos, com exceção do Maranhão que não agrupou com

nenhum outro estado. Entretanto, os agrupamentos não foram diferenciados quando analisados pela PERMANOVA ( $p < 0,05$ ). Ou seja, os padrões de grupos visualizados no NMS não foram confirmados estatisticamente (Figura 1).

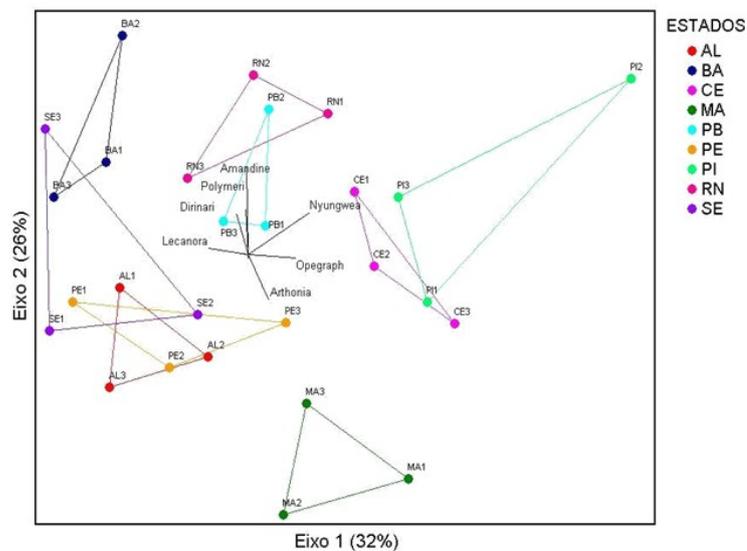
Os eixos da ordenação NMS explicaram 58% da variação dos dados das comunidades de líquens nas áreas amostradas. Os eixos 1 e 2 da ordenação explicaram 32% e 26% da variabilidade dos dados, respectivamente. O NMS também demonstrou maior dissimilaridade entre as áreas que não estão agrupadas (Figura 7).

**Figura 8.** Mudanças na composição da comunidade de líquens, com base na ordenação NMS, em áreas de mangue nos Estados do Nordeste.



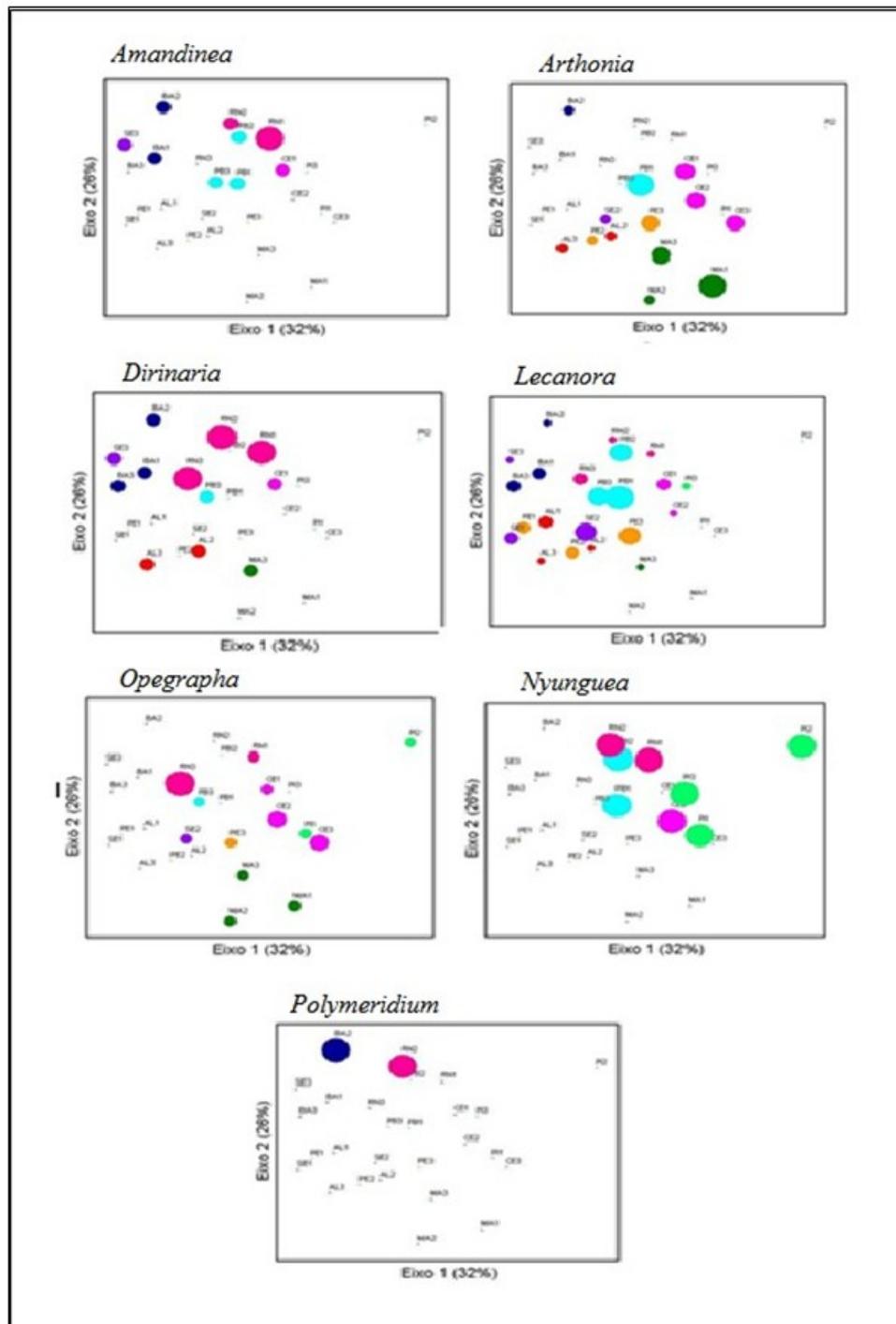
Fonte: Dados da pesquisa

**Figura 9.** Ordenação NMS baseada em riqueza de espécies de líquens de áreas mangue no Nordeste, os vetores representam os gêneros que foram correlacionados com os eixos da ordenação



Fonte: Dados da pesquisa

**Figura 10.** Correlação de Pearson entre os gêneros e os eixos da ordenação nas áreas estudadas com base na riqueza das comunidades de líquens.



Fonte: Dados da pesquisa

A análise para espécies indicadoras foi realizada sobre a mesma matriz usada para a NMS. O método combina o grau de especificidade de uma determinada espécie para cada um dos status ecológicos e sua fidelidade ao status, assumindo que duas ou mais grupos estabelecidos inicialmente, existem e que as frequências das espécies foram tomadas em cada uma das áreas. O valor de indicação (IndVal) considera as densidades

e frequências das espécies dentro dos grupos pré-estabelecidos – neste caso, os grupos foram os locais de coleta.

O valor de indicação varia de 0 a 100 e é o maior valor alcançado pela espécie nas várias repartições (ou locais) apresentado no dendrograma. A significância estatística do valor de indicação foi avaliado usando o teste de randomização de Monte Carlo com 4999 combinações aleatórias e nível de significância de 5%. Aqui, considerou-se como hipótese nula que o IndVal seja menor que os valores ditos casuais, ou seja, que as espécies não teriam nenhum valor de indicação.

Neste contexto, os resultados para as espécies indicadoras mostraram que o estado da Paraíba apresentou quatro espécies indicadoras para as regiões de mangue da barra do rio Mamanguape, foram elas: *Mazosia carnea*, *Fissurina sp*, *Cratiria obscurior* e *Bulbotrix sp*. Para a região do Parna dos Lençóis maranhenses foram duas as espécies indicadoras, *Opegrapha sp4* e *Arthonia complanata*. A espécie *Sarcographa tricola* apareceu como indicadora para o manguezal baiano. Para o mangue pesquisado no estado do Rio grande do Norte, a espécie que surgiu como indicadora foi a *Dirinária oplanata*.

Na comparação de composição liquênica entre áreas de mangue e Floresta Atlântica (FA), foi utilizado como referência para a FA o trabalho publicado por Cáceres et al. (2017), onde são registradas 789 espécies de líquens em várias áreas de FA no Nordeste brasileiro.

Todas as amostras analisadas pelo dendrograma ficaram distribuídas em dois grandes grupos, sendo um de FA (as últimas vinte áreas, de baixo pra cima, na imagem original - Figura 11.) e outro de mangue, que corresponde às demais áreas apresentadas no cluster. Apesar disso, três áreas de MA-SE-MA; PE-DF; PE-DI – apareceram entre as áreas de mangue. Este resultado indica haver, sim, uma diferença na composição entre os dois blocos de áreas analisados.

Para tentar explicar o aparecimento das três áreas de MA na região do cluster com maior número de áreas de manguezal, outras análises foram testadas. A primeira delas foi a *Multi- Response Permutation Procedures* – MRPP que permite avaliar se há semelhanças ou diferenças entre as áreas e como resultado tivemos um valor de  $A=0.32165605$ . Esse valor refere-se à *Chance-corrected within group agreement*, que

define os seguintes valores padrão:  $A=1$ , indica que há diferença entre as áreas, mas não significativas;  $A>1$  indica áreas idênticas;  $A=0$ , existe diferença esperada entre as áreas. No entanto, se esse  $A$  for menor que zero, então há de fato, uma heterogeneidade na composição de espécies entre mangue e MA, ou seja, há diferenças claras entre essas regiões. A segunda análise confirma que há clara diferença entre as áreas citadas.

Com intuito de corroborar os dados, foi feito ainda o teste de beta-flexível que propôs avaliar a similaridade ponto a ponto de cada região – mangue e MA. Os pontos estão listados no quadro 8.

**Quadro 8.** Áreas de mangue e Floresta Atlântica usada para comparação liquênica

<b>ESTADO</b>	<b>RESERVA</b>	<b>STATUS</b>
AL	RESEC Lagoa do Roteiro	Mangue
BA	RESEX Marinha Baía de Iguapé	Mangue
CE	APA do Rio Ceará	Mangue
MA	RESEC Lagoa do Roteiro	Mangue
PB	RESEX Marinha Baía de Iguapé	Mangue
PE	APA do Rio Ceará	Mangue
PI	RESEC Lagoa do Roteiro	Mangue
RN	RESEX Marinha Baía de Iguapé	Mangue
SE	APA do Rio Ceará	Mangue
AL-RS	RESEC Lagoa do Roteiro	Floresta
AL-RS	RESEX Marinha Baía de Iguapé	Floresta
BA-SJ	Serra da Jiboia	Floresta
PE-UF	Campus da Universidade Federal de Pernambuco	Floresta
PE-DI	Parque Nacional Dois Irmãos	Floresta
PE-CD	Refúgio Ecológico Charles Darwin	Floresta
PE-GU	Reserva Ecológica Floresta do Sistema Gurjaú	Floresta
PE-BO	Parque Municipal de Bonito	Floresta
PE-BC	Parque Natural Municipal João Vasconcelos Sobrinho	Floresta
PE-BA	Floresta Barragem do Sistema Gurjaú	Floresta
PB-PF	Floresta do Pau Ferro	Floresta
RN-ME	RPPN Floresta Estrela	Floresta
SE-MA	Rio Pomonga “Manguezal”	Floresta
SE-PC	Parque da Cidade	Floresta
SE-RE	“Restinga” São Amaro das Brotas	Floresta
SE-FB	RPPN Fonte da Bica	Floresta
SE-FC	Fazenda Cafuz	Floresta
SE-SL	Floresta do Crasto	Floresta
SE-SM	Serra do machado	Floresta
SE-MJ	Refúgio de vida Silvestre Floresta do Junco	Floresta
SE-SI	Parque Nacional da Serra de Itabaiana	Floresta
SE-RI	Povoado Ribeira	Floresta
SE-SJ	Floresta da Fazenda São José	Floresta

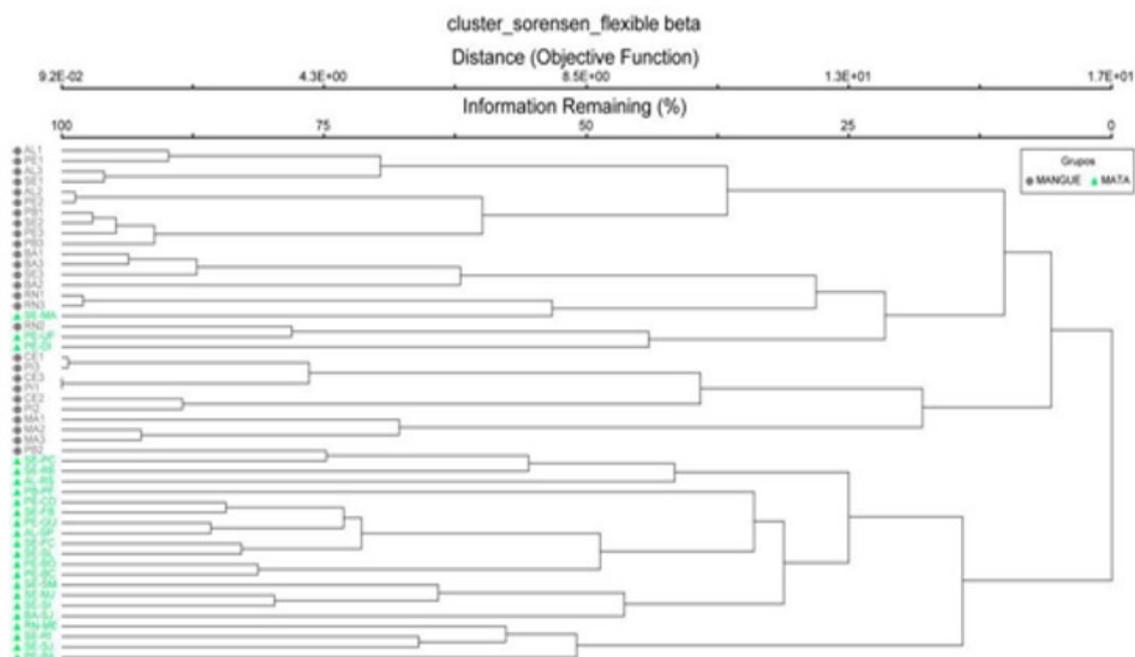
Fonte: Adaptado de Cáceres, 2017

Transformando os valores numéricos obtidos em valores estatísticos, a tabela construída foi utilizada para o teste de distância de Bray-Curtis, que usa cada um desses valores e os transforma em valores relativos. Os valores totais da análise consideram apenas a presença das espécies, os valores relativos, além da presença, também consideram a ausência das espécies. Assim, o zero passa a ter um valor representativo para a análise proposta.

Em suma, os dados e as análises serviram para corroborar o resultado apresentado no dendrograma inicial, validando que existe uma diferença significativa na composição da micota liquenizada entre as áreas de mangue e FA. Apesar disso, porém, talvez sejam necessárias novas coletas em ambas as regiões e com o aumento do número de espécies registradas, outras análises possam reforçar ou não essa diferença apresentada entre as áreas pesquisadas.

Entretanto, o que se tem até o presente momento nos permite afirmar que sim, o manguezal nordestino difere da MA do Nordeste no que se refere à composição líquênica dessas regiões brasileiras.

**Figura 11.** Cluster para análise de similaridade e dissimilaridade entre as comunidades líquênicas presentes em áreas de mangue e Mata Atlântica do Nordeste do Brasil.



Fonte: Dados da Pesquisa

Durante a pesquisa, não foram encontrados trabalhos que comparassem a composição e/ou riqueza dos mesmos organismos para áreas manguezal e Floresta Atlântica. São comuns, porém, trabalhos que comparem a presença dos mesmos organismos em fragmentos distintos da mesma mata ou ecossistema.

Em se tratando de líquens, porém, Cáceres traz um estudo, publicado em 2017, que relaciona a riqueza destas espécies com a diversidade de habitats e a conservação das áreas, mas este, também, foi feito apenas para a Floresta Atlântica. E por ser o único e mais completo para o Nordeste do Brasil, foi usado como base para a comparação de composição feita com os líquens registrados para as áreas de mangue dessa região.

Das três áreas de Floresta Atlântica que surgiram entre as áreas de mangue delimitadas no cluster, duas pertencem ao estado de Pernambuco (sendo uma do Campus da Universidade Federal e outro, ao Parque Estadual Dois Irmãos) e outra ao estado de Sergipe na Serra do Machado).

As três áreas do maranhão permaneceram juntas, como já havia ocorrido no NMS. As áreas de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe, também mantiveram a estrutura de “bloco”, reforçando também o resultado apresentado na NMS. Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí, agora, aparecem numa distribuição proximal no dendrograma. Porém, a Paraíba, que no gráfico da NMS aparecia fazendo dupla com o RN, aparece agora com suas três áreas bastante distribuídas no dendrograma. Estes resultados mostram que mesmo entre as regiões de manguezal, algumas áreas são mais próximas de outras, ainda que pertençam a diferentes estados.

No que se refere à presença de líquens em florestas tropicais são diversos os trabalhos existentes para o Brasil e para o mundo, que tratam do levantamento florístico, da presença e distribuição desse grupo de organismos nesse bioma. Na Floresta Atlântica brasileira, há numerosos estudos que contribuíram para o crescimento considerável da listagem brasileira de espécies liquênicas nos últimos dez anos

Levando-se em conta às relativas simplicidade e importância econômica, Marcelli considerou ser o mangue um ambiente bastante estudado se comparado aos demais habitats tropicais onde ainda são ausentes dados elementares, como a comparação florística, por exemplo. É provável que seu conceito sobre isso tenha se baseado apenas na composição florística de mangues brasileiros, onde temos no

máximo cinco espécies vegetais presentes (citadas na página 25), e ainda assim, em revezamento, já que de modo geral, pelo menos uma delas estará ausente em cada região pesquisada. Enquanto que em outras florestas pelo mundo, podem existir mais de 40 famílias e onde os estudos são ainda mais escassos. No entanto, no que se refere a líquens, ele citava que organismos epífitos eram, em geral, deixados de fora de estudos em mangues.

Já em 2012, Nayaka, vinte anos depois, também citando Marcelli, reforça a ideia de escassez e da necessidade de trabalhos de levantamentos florísticos de líquens em manguezais. Na ocasião, ela publicava 39 espécies para a Índia. Em seu trabalho, Marcelli sugeriu que haveria um número aproximado de 350 espécies de líquens para esses ambientes. Porém, somando-se sua publicação de 1992 ( com 289 espécies) aos resultados deste trabalho que aqui se apresenta, onde aparecem 158 espécies que ainda não haviam sido citadas para o Nordeste e destas, 145 , sendo novos registros para o manguezal brasileiro, teremos um total de 434 espécies, o que supera a perspectiva inicial e sugere uma ampla riqueza ainda a ser explorada, se considerarmos os demais ambientes da costa brasileira que ainda não foram visitados e que podem trazer um acréscimo significativo a esse número.

Em suma, exceto os trabalhos de pesquisa de Marcelli (1992) para os manguezais do Sul/Sudeste e a revisão de gêneros proposta por Benatti (2007), com estes mesmos registros, não há ainda para o Brasil outras pesquisas oficiais sobre líquens de manguezais.

## 5 CONCLUSÃO

Um trabalho de pesquisa como o realizado nesse estudo demanda tempo, dedicação e resiliência. Também se faz necessário um tanto de idealismo para desbravar ambientes extremos, onde muito do trabalho depende das condições da natureza (altas temperaturas, salinidade, níveis diferentes das marés, diferentes organismos animais e vegetais a serem evitados - ou enfrentados, deslocamentos limitados pela água, pela lama, por outras embarcações, limitações físicas, etc.). Dito isto, o resultado foi bastante inspirador e significativo.

Na presente pesquisa, foram registradas pela primeira vez 158 espécies para os manguezais do Nordeste brasileiro, destas, duas são novos registros para a ciência e 145 são novos registros para o mangue do Brasil e algumas, citadas também pela primeira vez para mangues no mundo.

Verificou-se que a composição florística dos líquens nordestinos em algumas regiões de Floresta Atlântica e de mangues também diferiram significativamente entre si.

É importante mencionar que para o mundo, os poucos trabalhos de levantamento florístico de líquens para ecossistemas de mangues são igualmente escassos. Hoje, Índia, Tailândia, Nova Zelândia e a Costa Caribenha da Colômbia, se destacam nessas pesquisas e somam pouco mais de 470 espécies. Esse número, porém têm a possibilidade de serem menores, visto que as listagens produzidas por estes países não foram comparadas entre si, ainda.

De modo geral, tanto para o Brasil quanto para o mundo, são estudos limitados, talvez pelo ambiente extremo, e/ou pelo baixo número de pesquisadores disponíveis para desenvolver esse trabalho.

Sobre as áreas de mangues dos estados pesquisados, embora outros dados não tenham sido levantados, foi visível em todos os trajetos a atuação antrópica na degradação destes ambientes. Embora todas as áreas de pesquisa fossem, pelo menos, uma Área de Proteção Ambiental (APA) ficou claro que este termo mais tem a ver com delimitação de território do que necessariamente com o fato de serem áreas protegidas ou com algum nível de conservação.

Estados como o Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte apresentam hoje

manguezais arbustivos, bastante degradados e com grande quantidade de lixo distribuído em suas áreas. Intenso desmatamento e processo de desapropriação de áreas no Ceará, onde os manguezais foram destruídos e as áreas se tornaram de grande risco social. Já o RN tem hoje uma área bastante degradada pelo desordenado uso turístico, ainda assim, com um manguezal de baixo calibre arbóreo, apresentou uma interessante composição de espécies.

Alagoas apresentou uma área de mangue mais velho, arbóreo. De um lado, um ambiente extremo, pouco explorado, com árvores de vários metros de altura (oito, dez, doze, até mais) mas também com regiões visivelmente antropizadas. Situação parecida, também em Pernambuco, exceto por árvores de menor estatura. Em ambos, grande quantidade de resíduos sólidos de toda ordem.

Mangue da APA do Litoral Sul de Sergipe apresentou-se com áreas aparentemente mais preservadas ou pelo menos com muito menos material de descarte, se comparada às demais. Águas fluviais mais limpas e acessos relativamente difíceis. Apesar disso, apresentou baixa diversidade de espécies.

No estado da Bahia, a reserva marítima selecionada para pesquisa possuíam uma composição de mangue branco arbustivo que, por ser bastante jovem, surpreendeu pela diversidade de espécies que apresentou, sendo este o segundo estado em número de espécies liquênicas diferentes.

Em se tratando do estado de conservação, o mangue da APA do Rio Mamanguape, na Paraíba, foi a região visivelmente mais conservada, sendo inclusive a área com maior número de espécies. A explicação pode ser pelo fato de o acesso às áreas de mangues dessa região serem por estradas de barro e estarem a cerca de 30 Km (trinta quilômetros) após as rodovias oficiais, ao contrário das demais áreas onde o acesso acontecia direto pelas principais rodovias.

O mangue (fluvial) do estado do Maranhão apresentou-se como o de composição mais distinta quando comparado a todos os outros estados da região Nordeste, ao ponto de aparecer nas análises não formando grupos ou blocos com nenhum outro estado.

Nesse contexto, trabalhos voltados para o conhecimento ou levantamento da flora liquênica, especialmente nessa fitofisionomia, se mostram necessários e de significativa relevância. Assim, essa pesquisa traz dados inéditos e relevantes que irão

enriquecer o conhecimento sobre líquens de manguezais no país.

## REFERÊNCIAL

- ADEMA. **Levantamento da flora e caracterização dos bosques de mangue do estado de Sergipe**. Governo do Estado de Sergipe. Convênios: FINEP – Financiadora de estudos e projetos, SUDEPE – Superintendência do desenvolvimento da pesca e SUDENE – Superintendência do desenvolvimento do Nordeste. 1984. 134p.
- AHMADJIAN, V. **The lichen symbiosis**. John Wiley & Sons, 1993.
- ALLEN, Harry R. Holocene mangroves and middens in northern Australia and Southeast Asia. **Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association**, 1987, 7: 1-16
- ALONGI, D. M. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 76(1), 1-13, 2008.
- ALONGI, D. M. The impact of climate change on mangrove forests. **Current Climate Change Reports**, 1(1), 30-39, 2015.
- ALVES, J. R. P. **Manguezais: educar para proteger**. Rio de Janeiro: Femar: semads, 96, 2001.
- APTROOT, A. A world key to the species of Antracothecium and Pyrenula. **The Lichenologist**. 44: 5-53, 2012.
- APTROOT, A.; Lücking, R.; Sipman, H. J. M. ; Umaña, L. & Chaves, J. L. **Pyrenocarporous lichens with bitunicate asci A first assessment of the lichen biodiversity inventory in Costa Rica**. Bibliotheca Lichenologica 97: 1-163, 2008
- ARAÚJO, A. M.; PEREIRA, D. I. Mapeamento do Potencial dos Recursos Hídricos e da Geodiversidade do Estado do Ceará (Brasil) com base em SIG. **Comun Geol**, v. 103, n. 1, p. 99-105, 2016.
- AVENDAÑO-REMOLINA, D., SANJUAN-MUNOZ, A., & ALVAREZ-LEON, R. New lichen in the mangrove swamps of the Colombian Caribbean coast. **Revista de Biología Tropical**, 48(2-3), 719-720, 2000.
- BAHIA. Meio ambiente da Bahia. **Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM**. Disponível em <http://www.cbpm.ba.gov.br/>. Acesso em 12 Mai 2019.
- BARBOSA, Ivan Carlos C. et al. Composição Química de Sedimento de Manguezal do Estuário Bragantino (PA)-Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 4, p. 1087-1101, 2015.
- BARIK, J., MUKHOPADHYAY, A., GHOSH, T., MUKHOPADHYAY S. K., CHOWDHURY, S. M., & HAZRA, S. Mangrove species distribution and water salinity: an indicator species approach to Sundarban. **Journal of Coastal Conservation**, 22(2), 361-368, 2018.
- BENATTI, M. N., & MARCELLI, M. P. Gêneros de fungos liquenizados dos manguezais do Sul-Sudeste do Brasil, com enfoque no manguezal do Rio Itanhaém, estado de São Paulo. **Acta Botanica Brasilica**, 21(4), 863-878, 2007.

- BOURG, I. C., SPOSITO, G., & BOURG, A. C. Modeling the acid–base surface chemistry of montmorillonite. **Journal of Colloid and Interface Science**, 312(2), 297-310, 2007.
- BRANCO, Luis Henrique Zanini et al. Biodiversidade e considerações biogeográficas das Cyanobacteria de uma área de manguezal do estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, p. 585-596, 2003.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conservação e Uso Sustentável Efetivos de Ecossistemas Manguezais no Brasil (PIMS 3280). **Projeto do Atlas n° 00055992**. 2014.
- BRASIL, **Resolução do CONAMA 303, de 20 de março de 2002, Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente**. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2002.
- BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente. SNUC: Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: **Lei N°**. 9.985, de 18 de julho de 2000; **Decreto N°**. 4.340, de 22 de agosto de 2002. 2003.
- BRITANNICA. Características do Rio Grande do Norte. Capes. 2019. Disponível em <https://escola.britannica.com.br/artigo/Rio-Grande-do-Norte/483516>. Acesso em 19 de set. 2019.
- BRODO, I. M., SHARNOFF, S. D., & SHARNOFF, S. Lichens of north America. **Yale University Press**, 2001.
- CÁCERES, M. E., LÜCKING, R., & RAMBOLD, G. **Corticolous microlichens in northeastern Brazil: habitat differentiation between coastal Mata Atlântica, Caatinga and Brejos de Altitude**. 98-117, 2008.
- CÁCERES, M.E.S. **Corticolous crustose and microfoliose lichens of northeastern Brazil**. *Libri Botanici* 22: 1-168, 2007.
- CALADO, T.C.S; SOUSA, C.E. **Crustáceos do complexo estuarino – lagunar Mundaú/Manguaba Alagoas**. Maceió: FAPEAL, 2002. 116p
- CAMPANILI, Maura. **Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros**. 2010.
- CAVALCANTE, J. G. **Fatores associados à estrutura da comunidade de líquens corticícolos crostosos em duas áreas de caatinga no estado de Alagoas**. (Dissertação de mestrado) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 2012.
- CORREIA, M. D., & SOVIERZOSKI, H. H. **Ecossistemas Marinhos: recifes, praias e manguezais**. Maceió: Edufal, 2005.
- CORREIA, M. D., & SOVIERZOSKI, H. H. Gestão e desenvolvimento sustentável da zona costeira do estado de Alagoas, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada- Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 8, n. 2, p. 25-45, 2008.
- DA SILVA CÁCERES, M. E. **The Corticolous Crustose and Microfoliose Lichens of Northeastern Brazil–Diversity, Ecology, and Conservation** (Doctoral dissertation). University of Bayreuth, Faculty of Biology, Chemistry and Earth Sciences, 2006.
- DA SILVA COSTA, Diógenes Félix; DE MEDEIROS ROCHA, Renato; CESTARO, Luiz Antonio. Análise fitoecológica e zonação de manguezal em estuário hipersalino. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 13, n. 1, p. 119-126, 2014.

DAL-FORNO, M. **Família Graphidaceae (Ascomycota Liqueenizados) em Restinga em Pontal do Sul, Pontal do Paraná, Paraná.** Universidade Federal do Paraná, Curitiba: The Lichenologist, 2009.

DATASUS. **Piauí.** Departamento de Informática do SUS. 2019. Disponível em <http://datasus.saude.gov.br/noticias/89-nucleos-regionais/piaui>. Acesso em 19 de ago 2019.

DE ARAUJO, Helder FP; NISHIDA, Alberto K. Considerações sobre colônias de garças (Ciconiiformes, Ardeidae) no Estado da Paraíba, Brasil. **Ornithologia**, v. 2, n. 1, p. 34-40, 2010.

DE LACERDA, Luiz Drude et al. Manguezais do Nordeste. **Ciência Hoje**, v. 39, n. 229, 2006.

DE OLIVEIRA ANDRADE, Manoel Correia. Pernambuco e o trópico. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, n. 45, p. 11-20, 2007.

DELTA EXPLORER. **O Delta do Parnaíba**, 2019. Disponível em <https://www.deltadoparnaiba.com.br/delta-do-parnaiba/>. Acesso em 19 Ago 2019.

DEVI, G. Karthikai, et al. **Antimicrobial activities of the lichen Roccella belangeriana (Awasthi) from mangroves of Gulf of Mannar.** 2011

DIEGUES, A. C. Ecologia Humana e Planejamento Costeiro. In: **Comunidades litorâneas e os Manguezais do Brasil. 2ª ed. São Paulo: Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre populações Humanas em áreas úmidas Brasileiras**, USP, 2001, 185p.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça; PEREIRA, Vítor Hugo Campelo. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: Sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015.

DONATO, D. C., KAUFFMAN, J. B., MURDIYARSO, D., KURNIANTO, S., STIDHAM, M., & KANNINEN, M. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. **Nature geoscience**, 4(5), 293, 2011.

DUFRENE, M., and P. LEGENDRE. Biogeographical structure of corabid Beetle distributions in Belgium. **Jounal of Biogeography**, in press, 1997.

DUKE, Norman C. Genetic diversity, distributional barriers and rafting continents—more thoughts on the evolution of mangroves. In: **Asia-Pacific Symposium on Mangrove Ecosystems. Springer, Dordrecht**, 1995.

DUKE, Norman C.; LO, Eugenia; SUN, Mei. Global distribution and genetic discontinuities of mangroves—emerging patterns in the evolution of Rhizophora. **Trees**, 2002.

DUTRA, Guilherme Fraga; FRANÇOIS-TIMMERS, Jean; MESQUITA, Carlos Alberto Bernardo. **Biodiversidade e desenvolvimento na Bahia**, 2012.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. The world's mangroves – 1980-2005. 77p. **FAO Forestry Paper 153**. Roma, Itália. 2007.

FELLER, I. C., & SITNIK, M. **Mangrove ecology: a manual for a field course.** Smithsonian Institution, Washington, DC, 1-135, 1996.

FERREIRA, A. C., & LACERDA, L. D. Degradation and conservation of Brazilian

mangroves, status and perspectives. **Ocean & Coastal Management**, 125, 38-46, 2016.

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna et al. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1006-1016, 2015.

GEO Schaffer. **Geografia do Ceará**. 2014. Disponível em <http://geoschaffer.blogspot.com/2014/02/geografia-do-ceara.html>. Acesso em 02 de set 2019.

GIRI, C., OCHIENG, E., TIESZEN, L. L., ZHU, Z., SINGH, A., LOVELAND, T., & DUKE,

N. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, 20(1), 154-159, 2011.

GONÇALVES ALCOFORADO, Fernando Antonio. Condicionantes do desenvolvimento do Estado da Bahia, Os. **Universitat de Barcelona**, 2003.

HERTZ, R. **Manguezais do Brasil**. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 227 p. 1991.

HERZ, R. Estrutura física dos manguezais da costa do estado de São Paulo. **Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira**, 1, 117-137. 1987

HILL, D. J. Lichen Flora of Sundarbans Biosphere Reserve, West Bengal. **The Lichenologist**, 2013, 45.6: 857-857.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama/Sergipe**. 2017. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/panorama>. Acesso em 13 de out. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama/Pernambuco**. 2017. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/panorama>. Acesso em 21 de out. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.. **Panorama/Rio Grande do Norte**. 2017. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/panorama>. Acesso em 14 de set. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama/Paraíba**. 2017. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>. Acesso em 11 de out. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rio Grande do Norte, História & Fotos**. 2017. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/historico>. Acesso em 19 de set. 2019.

CMBio - Unidades de Conservação. APA da Barra do Rio Mamanguape. 2019. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/marinho/unidades-de-conservacao-marinho/2237-apa-da-barra-do-mamanguape>. Acesso em 03 de nov 2019.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018.

ICMBio - Unidades de Conservação. Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba.

2019. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/portal/visitaçao1/unidades-abertas-a-visitaçao/9411-area-de-protecao-ambiental-delta-do-parnaiba>. Acesso em 30 de out. 019.

KATHIRESAN, K. Ecology and environment of mangrove ecosystems. Centre of Advanced Study in Marine Biology, **Annamalai University**, 106-107, 2001.

KIER, Gerold, JENS. DINERSTEIN, Eric. KUPER, Wolfgang. BARTHLOTT, Wilhelm. Global patterns of plant diversity and floristic knowledge. **Journal of Biogeography**, v. 32, n. 7, p. 1107-1116, 2005. Disponível em [http://herba.msu.ru/shipunov/school/biol\\_330/presentations/20190322\\_johnny\\_kier2005\\_plan\\_t\\_div\\_ecoregi\\_ons.pdf](http://herba.msu.ru/shipunov/school/biol_330/presentations/20190322_johnny_kier2005_plan_t_div_ecoregi_ons.pdf). Acesso em 12 de mai. 2019.

KJERFVE, B., & LACERDA, L. D. Mangroves of Brazil. **Mangrove ecosystems technical reports** ITTO TS-13, 2, 245-272, 1993.

KRUG, L. A., LEÃO, C., & AMARAL, S. Dinâmica espaço-temporal de manguezais no Complexo Estuarino de Paranaguá e relação entre decréscimo de áreas de manguezal e dados socioeconômicos da região urbana do município de Paranaguá–Paraná. Florianópolis, Brasil: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, 2753-2760, 2007.

KRUSKAL, Joseph B. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. **Psychometrika**, v. 29, n. 2, p. 115-129, 1964.

LACERDA, L. D. D. Manguezais: florestas de beira-mar. **Ciência Hoje**, 3(13), 63-70, 1984. LANG MARTINS MADI, A. P., TORRES BOEGER, M. R., REISSMANN, C. B., & GERONAZZO MARTINS, K. Soil-plant nutrient interactions in two mangrove areas at southern Brazil. **Acta Biológica Colombiana**, 21(1), 39-50, 2016.

LANG MARTINS MADI, Ana Paula et al. Soil-plant nutrient interactions in two mangrove areas at southern Brazil. **Acta Biológica Colombiana**, v. 21, n. 1, p. 39-50, 2016.

LEAL, Carlos Galindo; DE GUSMÃO CÂMARA, Ibsen (ed.). The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook. **Island Press**, 2003.

LEMOIS, Alessandra; KÄFFER, Márcia I.; MARTINS, S. A. Composição e diversidade de líquens corticícolos em três diferentes ambientes: Florestal, Urbano e Industrial. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 228-230, 2007.

LIMA, E. L. D. **Riqueza e composição de líquens corticícolos crostosos em área de Caatinga no estado de Pernambuco** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 2013.

LIU, M., ZHANG, H., LIN, G., LIN, H., & TANG, D. Zonation and Directional Dynamics of Mangrove Forests Derived from Time-Series Satellite Imagery in Mai Po, Hong Kong. **Sustainability**, 10(6), 1-16, 2018.

LOGESH, A. R., THILLAIMAHARANI, K. A., SHARMILA, K., KALAISELVAM, M., &

RAFFI, S. M. Production of chitosan from endolichenic fungi isolated from mangrove environment and its antagonistic activity. **Asian Pacific journal of tropical biomedicine**, 2(2), 140, 2012.

- LÜCKING, R. & RIVAS-PLATA, E. **Clave y Guía Ilustrada Para Géneros de Graphidaceae**. Glalia, 2008
- LÜCKING, R., HODKINSON, B. P., & LEAVITT, S. D. The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota—Approaching one thousand genera. **The Bryologist**, 119(4), 361-416, 2016.
- LÜCKING, R.; SIPMAN, H. J. M. & UMAÑA, L. T. **Guia para Géneros de Líquenes Tropicales**. INBIO.TICOLICHEN: The Field Museum, 2009
- LUTHERO, David A.; GREENBERG, Russell. Mangroves: a global perspective on the evolution and conservation of their terrestrial vertebrates. **BioScience**, 2009, 59.7: 602-612
- MACEDO, J. F. D. Caracterização do revestimento vegetal em zona de oscilação de maré, no aterro hidráulico da Via Expressa Sul-Florianópolis, Santa Catarina. 2003.
- MAIA, Luiz Parente et al. 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. **Documento Técnico**, maio de 2005.
- MAIA, Rafaela Camargo. **Manguezais do Ceará**. Recife: Imprima, 2016. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/311681082\\_Manguezais\\_do\\_Ceara](https://www.researchgate.net/publication/311681082_Manguezais_do_Ceara). Acesso em 02 set 2019.
- Manguezais em extinção, **Uol Apoio Escolar**, 2011. Disponível em: <http://clিকেaprenda.uol.com.br/portal/mostrarConteudo.php?idPagina=25918>. Acesso em 25 mar 2018.
- MARCELLI, M. P. Biodiversity assessment in lichenized fungi: the necessary naive roll makers. **Biodiversity in Brazil: a first approach**. São Paulo, CNPq, 93-107, 1996.
- MARCELLI, M. P. Aspects of the Foliose Lichen Flora of the Central-southern São Paulo State Coast (Brasil). Systematics, Conservation, and Ecology of Tropical Lichens. **Systematics Association Special**, 43, 151-170, 1991.
- MARCELLI, M. P. **Ecologia líquênica nos manguezais do sul-sudeste brasileiro**. Berlin. J. Cramer, 1992.
- MARCELLI, M. P. Habitat selection of epiphytic lichens on Rhizophora mangle in the mangroves of the Itanhaém river, São Paulo, Brazil. Flechten Follmann, **Contributions to lichenology in Honour of Gerhard Follmann**, 533-541, 1995.
- MARCELLI, M. P. History and current knowledge of Brazilian Lichenology. **Lichenology in Latin America: history, current knowledge and applications**. CETESB, São Paulo, 25-45, 1998.
- MARENGO, Jose A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010
- MARMOR, L., & RANDLANE, T. Effects of road traffic on bark pH and epiphytic lichens in Tallinn. **Folia Cryptogamica Estonica**, 43, 23-37, 2007.
- MCCUNE, B., MEFFORD, M.J. PC-ORD. **Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6**. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A, 2011
- MEDEIROS, Samyلة Ruana Marinho de; DE CARVALHO, Rodrigo Guimaraes; PIMENTA, Melissa Rafaela Costa. A Proteção do Ecosistema Manguezal a Luz da

Lei: 12.651/2012: Novos Desafios Para A Sustentabilidade Dos Manguezais Do Rio Grande Do Norte. **Revista Geotemas**, v. 4, n. 2, p. 59-78, 2014.

MMA. Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Brasília: MMA/SBF/GBA, 2010.

MONGKOLSUK, P., BUARUANG, K., POLYIAM, W., VONGSHEWARAT, K., PHOKAEO, S., SEEIAM, D., & SODAMUK, M. Lichen in Mangrove Forest at Ban Pak Klong Num Chiew Mueng district, and Black Sand Beach Laem Ngob District, Trat Province. In **37th Congress of Science and Technology of Thailand**, 2011.

NASH, L. The internal ergative subject hypothesis. In *Proceedings-Nels* (Vol. 26, pp. 195-210). University of Massachusetts, 1996.

NASH, T. H. **Lichen biology**. Cambridge University Press, Cambridge, New York, USA, 2008.

NAYAKA, S., INGLE, K. K., BAJPAI, R., RAWAL, J. R., UPRETI, D. K., & TRIVEDI, S.

Lichens of Gujarat state, India with special reference to coastal habitats. **Curr Res Environ Appl Mycol**, 3(2), 222-229, 2013.

NAYAKA, S., UPRETI, D. K., & INGLE, K. K. Mangroves of India: Potential Habitats for Unique Lichen Flora. **Proceedings on International Day for Biological Diversity—Marine Biodiversity**, 68-74, 2012.

ODUM, Eugene P. **Fundamentos de ecologia**. 1990.

OLIVEIRA, Celso. **Ceará: Cores e Sentimentos**. São Paulo: Escritura Editora, 2003.  
OSLAND, M. J., ENWRIGHT, N. M., DAY, R. H., GABLER, C. A., STAGG, C. L., & GRACE, J. B. Beyond just sea-level rise: considering macroclimatic drivers within coastal wetland vulnerability assessments to climate change. **Global Change Biology**, 22(1), 1-11, 2016.

OSLAND, M. J., ENWRIGHT, N., DAY, R. H., & DOYLE, T. W. Winter climate change and coastal wetland foundation species: salt marshes vs. mangrove forests in the southeastern United States. **Global change biology**, 19(5), 1482-1494, 2013.

PEREIRA, E. C.; MARCELLI, M. P.; SILVA, N. H. & SILVA, A. M. Lichens. Pp. 108-119. In: Porto, K.C.; Tabarelli, M. & Almeida-Cortez, J. (Org.). **Diversidade biológica e conservação da Floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco**. Recife: Universitária, 2006.

PERNAMBUCO, Estados e Capitais do Brasil. 2019. Disponível em <https://www.estadoscapitaisdobrasil.com/>. Acesso em 21 de out 2019.

PIAUI. O Estado do Piauí. Domínio Público, s/d. Disponível em <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/mre000036.pdf>. Acesso em 19 de ago 2019.

POLIDORO, B. A., CARPENTER, K. E., COLLINS, L., DUKE, N. C., ELLISON, A. M., ELLISON, J. C., FARNSWORTH, E. J., FERNANDO, E. S., KATHIRESAN, K., KOEDAM, N. E., LIVINGSTONE, S. R., MIYAGI, T., MOORE, G. E., NGOC NAM, V., ONG, J. E., PRIMAVERA, J. H., SALMO III, S. G., SANCIANGCO, J. C., SUKARDJO, S., WANG, Y., AND HONG YONG, J. W. The loss of species:

mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. **PLoS ONE** 5(4): e10095. 2010.

PROST, Cathérine. Resex marinha versus polo naval na Baía do Iguape-BA. **Novos Cadernos NAEA**, v. 13, n. 1, 2011. Disponível em <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/391>. Acesso em 12 de mai 2019.

RAM, TAM JAGADEESH; SINHA, G. P. A world key to Cryptothecia and Myriostigma (Arthoniaceae), with new species and new records from the Andaman and Nicobar Islands, India. **Phytotaxa**, 2016, 266.2: 103-114.

RANGSIRUJI, Achariya et al. Diversity and phylogenetic survey of cyanobacterial lichens (Collematineae, Ascomycota) in mangrove forests of eastern Thailand. **The Bryologist**, v. 119, n. 2, p. 123-130, 2016.

REAKA-KUDLA, M. L.; WILSON, E. D.; WILSON, E. O. The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rain forests. **Biodiversity II: Understanding and protecting our biological resources**, Washington, D C: J. H. Press, p. 83-108. 549 p, 1997.

REYNOLDS, Christy L., et al. Distribution and community composition of lichens on mature mangroves (*Avicennia marina* subsp. *australasica* (Walp.) J. Everett) in New Zealand. **PloS one**, 2017, 12.6: e0180525.

RIO GRANDE DO NORTE. DECRETO Nº 12.620. Cria a Área de Proteção Ambiental (APA). Genipabu, 1995. Disponível em <https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro30877/documento%201.pdf>. Acesso em 20 Nov 2019.

RIVAS PLATA, E.; LÜCKING R.; SIPMAN, H.J.M.; MANGOLD, A.; KALB K. & LUMBSCH, T.H. A world-wide key to the thelotremoid *Graphidaceae*, excluding the *Ocellularia-Myriotrema-Stegobolus* clade. **The Lichenologist** 42: 139-185, 2009.

ROCHA, Michelle da Silva Pimentel et al. **Mulheres, manguezais e a pesca no estuário do Rio Mamanguape** – Dissertação de Mestrado - Paraíba. 2010.

SAINTILAN, N., WILSON, N. C., ROGERS, K., RAJKARAN, A., & KRAUSS, K. W. Mangrove expansion and salt marsh decline at mangrove poleward limits. **Global Change Biology**, 20(1), 147-157, 2014.

SANTOS, Núbia Dias dos; LOCATEL, Celso Donizete; BADIRU, Ajibola Isau. Dossiê Sergipe Alagoas: território, diversidade temporal e ambiental. Confins. **Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, n. 40, 2019.

SARAVANAKUMAR, A. et al. Seasonal variations in physico-chemical characteristics of water, sediment and soil texture in arid zone mangroves of Kachchh-Gujarat. **J. Environ. Biol**, v. 29, n. 5, p. 725-732, 2008.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezais brasileiros. **Professorial thesis**. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 42(2), 1999.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 7, 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., CINTRÓN-MOLERO, G., SOARES, M. L. G., & DE-ROSA, T. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, 3(4),

561-570, 2000.

SEAVEY, F. et al. The lichens of Dagny Johnson Key Largo Hammock Botanical State Park, Key Largo, Florida, USA. **Bulletin of the Florida Museum of Natural History**, v. 53, n. 5, p. 201-268, 2017.

SETHY, P. P.; PANDIT, G. S.; SHARMA, B. O. Lichens on mangrove plants in Andaman Islands, India. **Mycosphere**, 2012, 3.4: 476-484.

SILVA, D.F.; SOUZA, F.A.S. Proposta de manejo sustentável para o Complexo Estuarino- Lagunar Mundaú/Manguaba (AL). **Revista Brasileira de Geografia Física**, 1(2):78-94. Disponível em: <http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/viewFile/30/32>. 2009.

SIPMAN, H.; **Artificial key to Marbach`s tropical Buellias. I. with short diagnoses**. 2003. Disponível em <http://www.bgbm.org/Sipman/keys/Trobuellia.htm>. Acessado em abril, 2012

SOARES, M.L.G. . A conceptual model for the responses of mangrove forests to sea level rise. **Journal of Coastal Research**, Special Issue 56: 267-271. 2012

SONINA, A. V. Epilithic lichens and their morphological adaptations to the conditions of the White and Barents Seas coast (Rusian Arctic). **Czech polar reports**, 2(2), 109-116, 2012.

SPALDING, M. **World atlas of mangroves**. London: Routledge, 2010.

SPIELMANN, Adriano A.; MARCELLI, M. P. **Fungos liquenizados** (liquens). Doutorado em Biologia, Instituto de Botânica, São Paulo, p. 13, 2006.

SPRIBILLE, T., TUOVINEN, V., RESL, P., VANDERPOOL, D., WOLINSKI, H., AIME, M. C., & MAYRHOFER, H. Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. **Science**, 353(6298), 488-492, 2016.

STAIGER, B. **Die Flechtenfamilie Graphidaceae. Studien in Richtung einer natürlicheren Gliederung**. Berlin: Bibliotheca Lichenologica, 2002.

STEVENS, G. N. Distribution and related ecology of macrolichens on mangroves on the east Australian coast. **The Lichenologist**, 11(3), 293-305, 1979.

STEVENS, G.N. & ROGERS, R.W. The Macrolichens Flora from the Mangroves of Moreton Bay. **Proceedings of the Royal Society of Queensland** .90: 33-49, 1979.

TABARELLI, MARCELO et al. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 132-138, 2005.

TERCEIRO, Abraão Martins; SANTOS, Juan Jethro SILVA; CORREIA, Maria Marlúcia Ferreira. Caracterização da Sociedade, Economia e Meio Ambiente Costeiro Atuante à Exploração dos Manguezais no Estado do Maranhão. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 5, n. 3, p. 94-111, 2014.

TOMLINSON, P. B. **The botany of mangroves. Cambridge Tropical Biology Series**. Cambridge University Press, Cambridge, New York, USA, 1986.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO BRASIL. **Instituto Socioambiental**. Disponível em <https://uc.socioambiental.org>. Acesso em 18 de ago 2019.

VALIELA, I., BOWEN, J. L., & YORK, J. K. Mangrove Forests: One of the World's

Threatened Major Tropical Environments: At least 35% of the area of mangrove forests has been lost in the past two decades, losses that exceed those for tropical rain forests and coral reefs, two other well-known threatened environments. **AIBS Bulletin**, 51(10), 807-815, 2001.

VAN LAVIEREN, H., SPALDING, M., ALONGI, D. M., KAINUMA, M., CLÜSENER-

GODT, M., & ADEEL, Z. **Securing the future of mangroves**. United Nations University, Institute for Water, Environment and Health, 2012.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE/PROJETO RADAMBRASIL, 1991.

WEBBER, M. K., & GOODBODY, I. Mangroves. **DEMO Palisadoes Project Report**, 1998.

WEBSTER, J. & WEBER, R. **Introduction to fungi**. Cambridge University Press, Cambridge, New York, USA, 2007.

**Apêndice A – REGISTRO DAS ÁREAS DE COLETA**

Registro de coletas de talos e dados em campo: 1) Alagoas; 2) Paraíba; 3) Rio Grande do Norte; 4) Alagoas; 5) Paraíba; 6) Paraíba; 7) Ceará; 8) Piauí; 9) Paraíba.

**Apêndice B – REGISTRO EM CAMPO DE TALOS LIQUÊNICOS**

### Apêndice C – ALGUNS DOS EXEMPLARES LIQUÊNICOS REGISTRADOS



Nome das espécies: 1) *Lecanora helva* ; 2) *Pertusaria flavens* ; 3) *Ramalina gracilis* ;  
 4) *Cratiria obscurior* ; 5) talos liquênicos ; 6) *Lecanora helva*

## Apêndice C – ARTIGO

### Author's personal copy

# A new species of *Lecanora* (Ascomycota: Lecanoraceae) from mangrove in northeast Brazil identified using DNA barcoding and phenotypical characters

Janice Gomes Cavalcante<sup>1</sup>, Lidiane Alves dos Santos<sup>1</sup>, André Aptroot<sup>2</sup>, Robert Lücking<sup>3</sup> and Marcela Eugenia da Silva Cáceres<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Micologia, Recife, Pernambuco, Brazil; <sup>2</sup> Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Avenida Costa e Silva, s/n Bairro Universitário, CEP 79070-900, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brazil; <sup>3</sup> Botanischer Garten und Botanisches Museum, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Straße 6–8, 14195 Berlin, Germany; <sup>4</sup> Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Biociências, CEP: 49500-000, Itabaiana, Sergipe, Brazil

**ABSTRACT.** Molecular phylogenetic analyses revealed a high diversity of unrecognized species of *Lecanora* s.l. in Brazil, with many near-cryptic species that require a combined analysis of morphology, secondary metabolites and molecular sequences for accurate delimitation. In this study, a new species of *Lecanora* is described which is morphologically close to *L. achroa* and *L. helva*. The new species was collected in the Guadalupe environmental protection area, located in the municipality of Barra de Sirinhaém, a mangrove region in the state of Pernambuco in the Brazilian Northeast. *Lecanora parachroa* sp. nov. agrees with *L. achroa* in morphological and anatomical features but differs in secondary chemistry, lacking usnic acid and 2<sup>o</sup>-O-methylperlatolic acid. Molecular data using the ITS barcoding marker suggest that commonly identified species in this group, including *L. helva* and *L. leprosa*, are collective taxa, each including several lineages.

**KEYWORDS.** Australia, Cuba, *Lecanora achroella*, *Lecanora albellaria*, *Lecanora chlaroterodes*, *Lecanora subflavicans*, Reunion, *Parmelia varia* var. *cinereocarnea*.

◆ ^ ^

Mangroves are present throughout the coastal zones of tropical and subtropical regions worldwide (Tomlinson 1986; Duke et al. 1998; Lo et al. 2014). Mangroves are areas of great biological importance and home to organisms capable of surviving and reproducing under adverse conditions (Duke 1995), but are also threatened by anthropogenic changes. Lichenized fungi are considered pioneer organisms (Friedl & Büdel 2008) that grow in various environments and substrata across broad geographic regions (Nayaka 2013). However, although lichens are relatively diverse in mangroves, few studies exist on this topic in Brazil and are

restricted to the south and southeast regions of the country (Benatti & Marcelli 2007; Marcelli 1992).

The genus *Lecanora* is a commonly found element of crustose lichens in more open conditions, with a high diversity in both temperate and tropical areas. It includes crustose species with green-algal photobionts, lecanorine apothecia, colorless and non-septate ascospores occurring in numbers of 8 per ascus (Śliwa et al. 2012). *Lecanora* s.l. is an ultra-diverse genus with 550 accepted species (Lücking et al. 2016), presenting a great variety of morphology, chemistry, which had resulted in partially conflicting classification schemes, evidenced by the works of Eigler (1969), Hafellner (1984) and Motyka (1995, 1996). The generic subdivisions of the group are problematic and do not necessarily reflect phylogenetic relationships (Zhao et al. 2016), but all studies suggest that

<sup>5</sup> Corresponding author's e-mail: mscaceres@hotmail.com  
DOI: 10.1639/0007-2745-122.4.553

## Author's personal copy

556 THE Bryologist 122(4): 2019

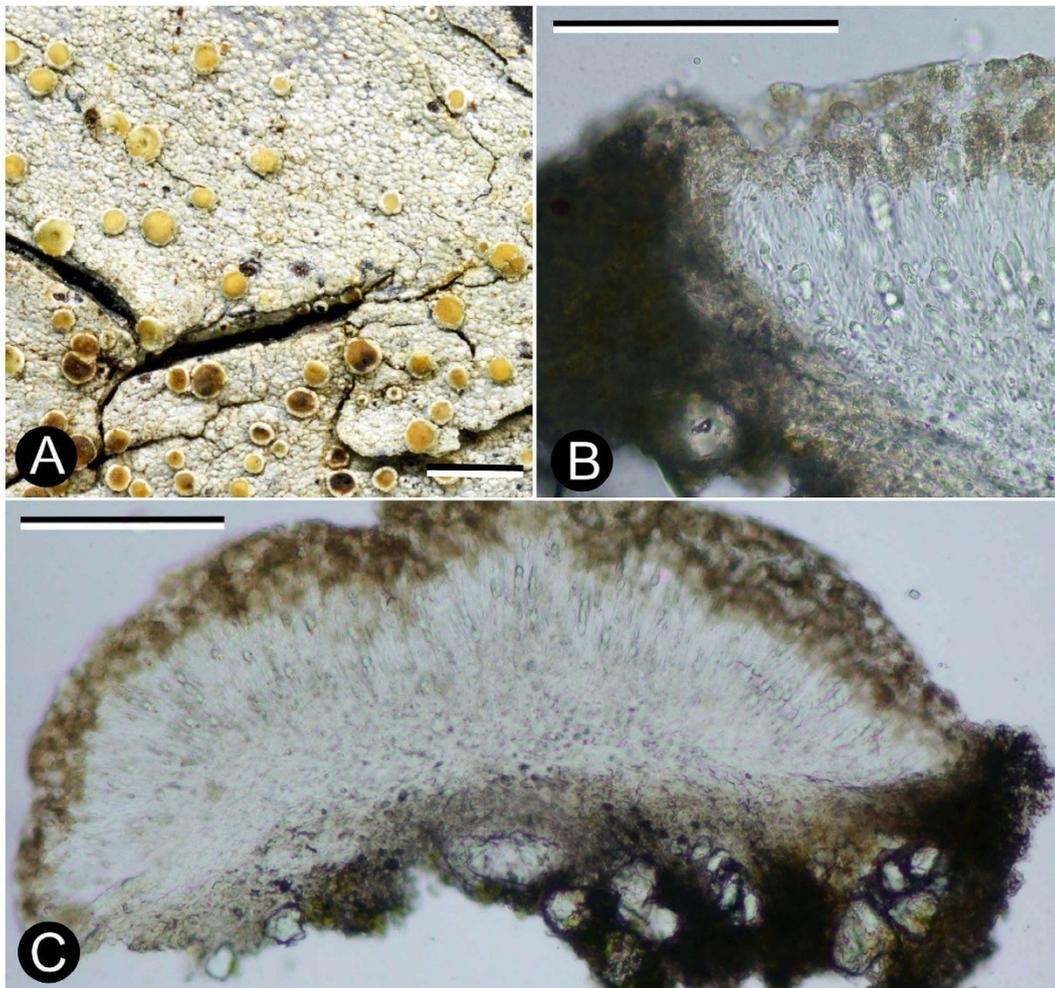


Figure 2. A. *Lecanora parachroa*, holotype. B. Sections of ascomata. D. Ascospores hyaline, non-septate, ellipsoid. A, scale bars  $\frac{1}{4}$  mm; B, C scale bars  $\frac{1}{4}$  10  $\mu$ m.

MYCOBANK MB 832353

*Differing from Lecanora achroa in the lack of usnic acid and 2<sup>0</sup>-O-methylperlatolic acid.*

TYPE: BRAZIL. PERNAMBUCO: Área de Proteção Ambiental (APA) Serinhaém, Serinhaém; 88°36'07.0<sup>00</sup>S, 35°58'03.0<sup>00</sup>W, on bark of undetermined tree, in mangrove, 10 Jun 2017, J.G. Cavalcante s.n. (holotype: ISE 46546; isotype: ABL).

*Description.* Thallus crustose, corticolous, con-

tinuous but finely rimose, pale grayish white, slightly uneven, dull, in section with numerous hyaline crystals; surrounded by a blackish hyphal prothallus. Photobiont green. Ascomata apothecia, superficial on the thallus, mostly round, single or in indistinct groups, 0.3–1.0 mm diam.; disc pale yellow, flat to usually slightly convex; margin c. 0.1 mm wide, usually irregularly crenate to abraded, somewhat paler than the disc. Amphithecium with large crystals, not dissolving in K (*pulicaris*-type), parathecium with small crystals, not dissolving in K. Hymenium

(Lecanora et al. 1999); reactions were performed with the following cycling conditions: initial denaturation

...sequences megablasts were edited and contigs assembled using BioEdit 7.2.0

## Author's personal copy

558 THE BRYOLOGIST 122(4): 2019

- Huneck, S. & I. Yoshimura. 1996. Identification of Lichen Substances. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Katoh, K., G. Asimenos & H. Toh. 2009. Multiple Alignment of DNA Sequences with MAFFT. *Methods in Molecular Biology* 537: 39–64.
- Katoh, S. 2013. MAFFT: Multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability (outlines version 7). *Molecular Biology and Evolution* 30: 772–780.
- Larena, I., O. Salazar, V. González, M. C. Julián & V. Rubio. 1999. Design of a primer for ribosomal DNA internal transcribed spacer with enhanced specificity for ascomycetes. *Journal of Biotechnology* 75: 187–194.
- Lo, E. Y., N. C. Duke & M. Sun. 2014. Phylogeographic pattern of *Rhizophora* (Rhizophoraceae) reveals the importance of both vicariance and long-distance oceanic dispersal to modern mangrove distribution. *BMC Evolutionary Biology* 14: 83.
- Lumbsch, H. T. 1994. Die *Lecanora subfusca*-gruppe in Australasien. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 77: 1–175.
- Lumbsch, H. T. & J. A. Elix. 1993. Notes on the circumscription of the lichens *Lecanora leprosa* and *L. sulphureascens*. *Tropical Bryology* 7: 71–75.
- Lumbsch, H. T. & G. B. Feige. 1994. Comments on the exsiccata "Lecanoroid Lichens" II. *Mycotaxon* 52: 429–442.
- Lumbsch, H. T., G. B. Feige & J. A. Elix. 1995. A revision of the usnic acid containing taxa belonging to *Lecanora sensu stricto* (Lecanorales: lichenized Ascomycotina). *The Bryologist* 98: 561–577.
- Lücking, R., B. P. Hodkinson & S. D. Leavitt. 2016. The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota – Approaching one thousand genera. *The Bryologist* 119: 361–416.
- Marcelli, M. P. 1992. Ecologia líquênica nos manguezais do sul-sudeste brasileiro. *Bibliotheca Lichenologica* 47: 1–288.
- Motyka, J. 1995. Porosty (Lichenes). 1. Rodzina Lecanoraceae. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin, Ukraine.
- Motyka, J. 1996. Porosty (Lichenes). 2–4. Rodzina Lecanoraceae. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin.
- Nayaka, S., K. K. Ingle, R. Bajpai, J. R. Rawal, D. K. Upreti & S. Trivedi. 2013. Lichens of Gujarat state, India with special reference to coastal habitats. *Current Research in Environmental & Applied Mycology* 3: 222–229.
- Nayaka, S., D. K. Upreti & K. K. Ingle. 2012. Mangroves of India: Potential habitats for unique lichen flora. *Proceedings on International Day for Biological Diversity–Marine Biodiversity* 68–74.
- Orange, A., P. W. James & F. J. White. 2001. Microchemical methods for the identification of lichens. British Lichen Society, London.
- Papong, K., K. Boonpragob, S. Parnmen & H. T. Lumbsch. 2013. Molecular phylogenetic studies on tropical species of *Lecanora sensu stricto* (Lecanoraceae, Ascomycota). *Nova Hedwigia* 96: 1–13.
- Śliwa, L., J. Miadlikowska, B. D. Redelings, K. Molnar & F. Lutzoni. 2012. Are widespread morphospecies from the *Lecanora dispersa* group (lichen-forming Ascomycota) monophyletic? *The Bryologist* 115: 265–277.
- Stamatakis, A. 2006. RAxML-VI-HPC: Maximum likelihood-based phylogenetic analyses with thousands of taxa and mixed models. *Bioinformatics* 22: 2688–2690.
- Tomlinson, P. B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press, Cambridge.
- White, F. J. & P. W. James. 1985. A new guide to microchemical techniques for the identification of lichen substances. British Lichen Society, London.
- Zhao, X., S. Leavitt, Z. Zhao, L. Zhang, U. Arup, M. Grube, S. Pérez-Ortega, C. Printzen, L. Śliwa, E. Kraichak, P. Divakar, A. Crespo & H. T. Lumbsch. 2016. Towards a revised generic classification of lecanoroid lichens (Lecanoraceae, Ascomycota) based on molecular, morphological and chemical evidence. *Fungal Diversity* 78: 293–304.

manuscript received July 1, 2019; accepted August 29, 2019.

## Supplementary document online:

Supplementary Table S1. ITS alignment of the 33 sequences of *Lecanora* and *Lecania* used in this study.