



Faculdade de Ciências

Departamento de Ciências Biológicas

Licenciatura em Biologia Marinha Aquática e Costeira

Culminação de Estudos II

Relatório do Trabalho de Investigação

**Diversidade de líquenes associados ao estado de conservação
de mangal das espécies *Rhizophora mucronata* e *Avicennia
marina* na Baía de Maputo**



Autor:

João Augusto de Sousa Passos



Faculdade de Ciências

Departamento de Ciências Biológicas

Licenciatura em Biologia Marinha Aquática e Costeira

Culminação de Estudos II

Relatório do Trabalho de Investigação

**Diversidade de líquenes associados ao estado de conservação
de mangal das espécies *Rhizophora mucronata* e *Avicennia
marina* na Baía de Maputo**

Autor:

João Augusto de Sousa Passos

Supervisora:

Prof^ª. Doutora Célia Macamo

Maputo, Fevereiro de 2024

Agradecimentos

A elaboração deste trabalho foi possível graças a colaboração directa e indirecta de certas pessoas, às quais desejo expressar algumas palavras de agradecimento e profundo reconhecimento.

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pelo dom da vida, por estar sempre comigo e por ter me guiado até o final dessa etapa.

Às minhas tias, Marcela de Sousa Passos e Palmira Passos pela dádiva de tê-los em minha vida, pelo amor, carinho, compreensão, apoio moral e financeiro, e pela infinidade de ações que sempre tomaram com vista ao meu bem-estar académico.

À minha supervisora Prof^ª. Doutora. Célia Macamo pela sua orientação, auxílio e confiança em mim depositada ao longo da produção do presente trabalho; o meu muito obrigado. Agradeço a BIOFUND, particularmente à dra. Denise Nicolau pelo apoio financeiro durante a realização deste estudo.

Aos Docentes do Departamento de Ciências Biológicas, pelos conhecimentos transmitidos ao longo da minha formação.

Aos irmãos Nunes, Leonel, Paulino, Judite, Roberto e Valdemar pelo apoio moral, incentivo e por estarem emocionalmente sempre comigo em todos momentos.

À equipa técnica do Departamento de Ciências Biológicas, em especial ao Sr. Joãozinho pelo companheirismo e pelo apoio informático sempre que possível. Estendo também os meus agradecimentos ao dr. Torres Taimo e dr. Alberto Fernando pela ajuda prestada durante a realização da amostragem e pelas orientações durante o processo de realização do trabalho.

Aos amigos José, Samira, Isabel Tonela, Mirchon, Abdul, Bambo, Francisco, Natália, Keite, Zilda, Aizeque, Sílvio, Ana Marisa, Lourindo, Flândia, Coleta e Igna. Em especial ao Faustino César que esteve comigo na coleta de amostras no Parque Nacional de Maputo.

A todos que não foram mencionados, mas que directa ou indirectamente contribuíram para concretização do presente trabalho; o meu muito obrigado.

Declaração de Honra

Declaro por minha honra que este trabalho de Licenciatura em Biologia Marinha, Aquática e Costeira é resultado da minha investigação pessoal e de orientação da minha supervisora e nunca foi apresentado para obtenção de qualquer outro grau académico ou em qualquer outra instituição, estando mencionadas nas referências bibliográficas as fontes utilizadas para a sua elaboração.

Assinatura

(João Augusto de Sousa Passos)

Maputo, Fevereiro de 2024

Dedicatória

Ao meu pai Augusto de Sousa Passos e meu tio Mateus de Sousa Passos (em memória) e em especial dedico a minha tia Marcela de Sousa Passos por acreditar no meu potencial.

Resumo

As florestas do mangal crescem nas zonas costeiras tropicais e subtropicais e são importantes ecológicas e sócio-economicamente. Em Moçambique, os mangais ocupam uma área estimada em 396.080 ha, a terceira maior em África.

Na Baía de Maputo as florestas de mangal ocupam uma área de aproximadamente 17.596 ha, abrigando uma vasta biodiversidade de organismos, incluindo os líquenes. Estes são um processo simbiótico entre um fungo e uma alga ou cianobactéria. Os líquenes podem ser encontrados em cascas de árvores, troncos e outros substratos. Possuem uma grande importância ecológica como indicadores da poluição ambiental. Estes organismos fazem parte de um grupo muito diverso, mas ainda pouco estudado. Actualmente, estudos relacionados a diversidade de líquenes que ocorrem associados ao mangal em Moçambique são praticamente inexistentes. Este trabalho teve como objectivo avaliar a diversidade de líquenes no mangal e investigar potenciais ligações com o estado de conservação das espécies *Rhizophora mucronata* e *Avicennia marina*, na Baía de Maputo. A amostragem foi realizada nos meses de Setembro e Dezembro de 2021 no distrito de Matutuine nas localidades de Mabuluco, Santa Maria e Tsolombane. A metodologia consistiu na observação directa “*in situ*” de árvores de mangal das referidas espécies colonizadas por líquenes, classificação do estado de conservação de cada árvore, e identificação dos líquenes observados com ajuda de bibliografia especializada. Foram identificadas no total oito (8) espécies de líquenes nomeadamente: *Opegrapha vulgata*, *Ramalina farinacea*, *Parmotrema tinctorum*, *Lecanora achroa*, *Roccella montagnei*, *Dirinaria aegialita*, *Dirinaria picta* e *Graphis sp*, agrupadas em sete (7) géneros e seis (6) famílias, subdivididas em três (3) tipos morfológicos nomeadamente: crostosos, foliosos e fruticosos. As condições das árvores do mangal mais frequentemente colonizadas por líquenes foram árvores Intactas e Parcialmente Cortadas; e as menos frequentes foram os Cepos, Mortas e árvores Severamente Cortadas. Os resultados mostraram ainda que a espécie *R. mucronata* é mais frequentemente colonizada por líquenes, podendo ser colonizados simultaneamente por até 7 espécies. O líquen *Graphis sp* foi a única que colonizou preferencialmente *A. marina*. A maior diversidade foi observada em Mabuluco e a menor em Tsolombane.

Palavras-chave: Líquenes, estado de conservação do mangal, Baía de Maputo.

Lista de Abreviaturas

Am - *Avicennia marina*

cm- Centímetros

Dp- Desvio padrão

Ep- Erro padrão

Fa - Frequência absoluta

Fig - Figura

Fr - Frequência relativa

GPS - Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)

H - Estatística do teste

H'- Índice de diversidade de Shannon-Wiener

ha- Hectare

I - Árvore intacta

M- Metro

N - Tamanho da amostra

SC - Árvore Severamente cortada

PC - Árvore Parcialmente Cortada

PNM - Parque Nacional de Maputo

p - Nível de significância estatístico

Rm - *Rhizophora mucronata*

Índice

Agradecimentos	I
Declaração de Honra.....	II
Dedicatória.....	III
Resumo	IV
Lista de Abreviaturas	V
Índice de tabelas.....	VIII
Índice de figuras.....	IX
1. Introdução.....	1
1.1. Problematização	3
1.2. Justificativa.....	4
2. Hipóteses	4
3. Objectivos.....	5
3.1. Objectivo geral	5
3.2. Objectivos específicos.....	5
4. Revisão bibliográficas	6
4.1. Líquenes	6
4.2. Estado de conservação do mangal na Baía de Maputo	6
4.2.1. Importância dos mangais	7
4.3. Condições de colonização de árvores de mangal por líquenes	8
4.4. Diversidade de líquenes encontrados em árvores de mangais e florestas.....	9
5. Área de Estudo.....	11
5.1. Localização Geográfica da Baía de Maputo	11
5.2. Materiais e Metodologia.....	14
5.2.1. Material do campo	14
5.3. Método de Pesquisa	14
5.4. Amostragem.....	14
5.4.1. Identificação das espécies de líquenes em árvores de mangal.....	15
5.5. Estado de conservação de mangal.....	15
5.5.1. Estado das árvores.....	15
5.6. Análises de dados.....	16
6. Resultados.....	19
7. Discussão.....	30
8. Conclusão	34
9. Recomendações e Limitações.....	36

9.1. Recomendações	36
9.2. Limitações	36
Referências Bibliográficas	37
Apêndices 2.	g

Índice de tabelas

Tabela 1. Lista de espécies distribuídas por gêneros, famílias e hábito dos líquenes.....	21
Tabela 2. Tabela do teste de normalidade Shapiro-Wilk das espécies de líquenes em diferentes condições de árvores do mangal.	a
Tabela 3. Tabela do teste de normalidade Shapiro-Wilk das espécies de líquenes em diferentes condições de árvores do mangal.	a
Tabela 4. Tabela apresentando o P values do teste de comparação múltipla das densidades das espécies de líquenes em diferentes condições de árvores do mangal <i>Rhizophora mucronata</i>	a
Tabela 5. Tabela apresentando o P values do teste de comparação múltipla das densidades das espécies de líquenes em diferentes condições de árvores do mangal <i>Avicennia marina</i>	b
Tabela 6. Tabela apresentando o índice de diversidade de Shannon-Wiener das espécies de líquenes nas categorias de árvores do mangal em Mabuluco.	b
Tabela 7. Tabela apresentando o índice de diversidade de Shannon-Wiener das espécies de líquenes nas categorias de árvores do mangal em Santa Maria.	c
Tabela 8. Tabela apresentando o índice de diversidade de Shannon-Wiener das espécies de líquenes nas categorias de árvores do mangal em Tsolombane.....	d
Tabela 9. Tabela apresentando o índice de diversidade de Shannon-Wiener das espécies de líquenes nas categorias de árvores do mangal em três locais de amostragem	e

Índice de figuras

Figura 1: Mapas de áreas de estudo correspondentes aos diferentes locais de amostragem. ..	13
Figura 2: Espécies de líquenes encontradas nas árvores do mangal das espécies <i>R. mucronata</i> e <i>A. marina</i> na Baía de Maputo.	20
Figura 3: Densidade média de árvores em diferentes estados de conservação colonizadas por líquenes no mangal em Mabuluco.	22
Figura 4: Densidade média de árvores em diferentes estados de conservação colonizadas por líquenes no mangal em Santa Maria.	23
Figura 5: Densidade média de árvores em diferentes estados de conservação colonizadas por líquenes no mangal em Tsolombane.	24
Figura 6: Densidade média de árvores em diferentes estados de conservação colonizadas por líquenes	25
Figura 7: Frequência de ocorrência de líquenes no mangal em diferentes condições em Mabuluco	26
Figura 8: Frequência de ocorrência de líquenes em diferentes condições de árvores em Santa Maria	27
Figura 9: Frequência de ocorrência de líquenes em diferentes condições de árvores de mangal nos três locais de amostragem.	29
Figura 10: Índice de diversidade de Shannon-Weiner para os locais amostrados.	29

1. Introdução

Os mangais são ecossistemas costeiros únicos, caracterizados por serem áreas de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, abrigando uma biodiversidade de organismos como os líquenes (Barbosa *et al.*, 2001).

Líquenes são associações simbióticas de fungos com algas unicelulares ou cianobactérias. Os fungos desta associação recebem o nome de micobionte enquanto as algas e cianobactérias recebem o nome de fotobiontes (Santos, 2012; Koch *et al.*, 2012).

A distribuição dos líquenes é global, ocorrendo em vários substratos e ambientes. Podem se fixar em troncos de árvores e suas ramificações, no solo, sobre rochas ou folhas, e às vezes até sobre substratos menos convencionais como o plástico (Lücking, 1998). Os líquenes são encontrados em ambientes luminosos (espécies heliófitas) ou sombrios (espécies umbrófitas), assim como são capazes de colonizar ambientes extremos em humidade e temperatura (Lemos *et al.*, 2007). Variam em sua complexidade de formas de crescimento, separados basicamente em líquenes crostosos, foliosos e fruticosos. Existem; algumas variações destes tipos básicos como os talos esquamulosos e filamentosos (Büdel e Scheidegger, 2008).

Existem diversos estudos sobre líquenes, que versam sobretudo sobre a diversidade específica e morfológica, e sobre a relação dos líquenes com a planta hospedeira e com níveis de poluição do ambiente. Käffer (2005), em seu trabalho sobre a diversidade de líquenes corticícolas (líquenes que colonizam árvores produtoras de cortiça) na vegetação florestal no Sul do Brasil, constatou que os líquenes colonizam preferencialmente forófitos (árvore hospedeira de uma planta epífita) de casca rugosa, já que esta propicia maior retenção de água. Esta água armazenada é utilizada pelos líquenes em períodos de humidade relativa baixa (Marcelli, 1992).

Martins (2006), estudando a distribuição de líquenes em arbustos e árvores de *Dodonaea viscosa* na restinga no Estado do Rio Grande do Sul (Brasil), relatou que a maior riqueza de líquenes ocorreu em alturas de tronco entre 20 cm e 100 cm. O mesmo autor também comparou a colonização de árvores por líquenes em habitats distintos, tendo constatado uma interação entre a altura e as condições de luz do habitat: os mangais são sombreados, por isso os líquenes ocorrem em lugares mais altos, enquanto as restingas são abertas e iluminadas, daí os líquenes ocorrerem mais próximos do chão.

Cleavitt *et al.*, (2009) estudaram a influência das árvores na composição das comunidades de macrolíquens e de briófitas em uma floresta em Maine (Estados Unidos da América), encontrando forte relação entre a riqueza de espécies e a frequência de certas espécies de árvores. Os seus resultados evidenciaram que as criptógamas (plantas que não produzem flores nem sementes) podem ser indicadoras da qualidade do ambiente florestal.

Käffer *et al.*, (2009; 2010) estudaram a diversidade de líquenes corticícolos na vegetação florestal do sul do Brasil, onde observaram a maior diversidade de líquenes nas Plantações de *Araucaria angustifolia* e em forófitos com pH mais básico. Martins (2006), e Martins e Marcelli (2007) verificaram a distribuição liquênica em uma espécie na restinga (espaço geográfico formado por depósitos arenosos paralelos à linha da costa) no Rio Grande do Sul (Brasil), e relacionaram a diversidade de líquenes aos factores microclimáticos, notando especialmente a influência da luminosidade.

Cáceres *et al.*, (2007) fez observações dos líquenes e forófitos em floresta pluvial do nordeste do Brasil e concluíram que tanto a casca dos forófitos quanto o microclima influenciam a comunidade de líquenes e que a ausência ou presença de espécies raras se deve a dispersão estocástica. Cáceres *et al.*, (2008) também experimentou três métodos de amostragem de líquenes em área de floresta atlântica e na caatinga, verificando que o método de transecto é melhor para detectar espécies raras e maior número de espécies de fungos liquenizados. Trigueiros (2017), apresentou em sua tese de doutoramento o estudo da ocorrência de líquenes em cascas de plantas medicinais e substâncias orgânicas encontradas em chás. Estudos de líquenes em mangais são mais raros, sendo que a maioria versa sobre a ecologia e diversidade (Marcelli, 1992).

Latitude e gradientes de elevação também se tornam áreas de interesse ao tentar usar a diversidade de líquenes como um meio de prever os efeitos de mudanças nas condições climáticas (Bässler *et al.*, 2016). O estudo de Marini *et al.*, (2011), concluiu que a diversidade de líquen em resposta às mudanças ambientais depende de seus parceiros fotossintéticos, os fotobiontes. Líquenes com cianobactérias como seus fotobiontes mostraram um resultado positivo na correlação entre a diversidade de espécies e quantidade de chuva, enquanto em aqueles com a filamentosa alga *Trentepohlia* como o fotobionte aumentaram em abundância e diversidade com o aumento temperaturas (Marini *et al.*, 2011).

O presente estudo tem como objetivo avaliar a diversidade de líquenes em floresta de mangal bem como a sua associação ao estado de conservação das espécies *Rhizophora mucronata* e *Avicennia marina* na Baía de Maputo.

1.1. Problematização

Segundo Coceare (2001), a poluição do ar é uma das principais responsáveis pela diminuição da diversidade de líquenes tanto nos centros urbanos e/ou industrializados como ao redor deles.

Em Moçambique pouco se sabe sobre as comunidades liquénicas associados as condições de árvores do mangal. A diversidade de líquenes pode ser afetada pelas características de seus forófitos, pelas relações hídricas, pelo pH, pela disposição de nutrientes e por condições ambientais microclimáticas como humidade do ar, luminosidade e temperatura – factores importantes para a colonização e desenvolvimento dos líquenes (Kaffer, 2005).

Os líquenes têm uma série de factores ambientais e específicos do local sobrepostos que afetam sua abundância, distribuição e diversidade (Hauck, 2011). Desses factores, a poluição do ar, deposição de nitrogénio e humidade foram extensivamente estudados e monitorados ao longo das últimas décadas (Niemi e McDonsald, 2004).

Através dos líquenes podemos verificar se uma determinada área está ou não sofrendo a ação da poluição, uma vez que os líquenes são bioindicadores de poluição. Estes seres são muito sensíveis à variação atmosférica, pois, na sua alimentação, ao absorverem vapores de água fixam o nitrogénio atmosférico e também outros elementos em forma de iões. Quando o ar se apresenta poluído muitas espécies de líquenes desaparecem ou diminuem sua população (Stevenson,1974).

Os impactos nos ecossistemas criados por acções humanas causam importantes alterações nas comunidades liquénicas. Ambientes florestais alterados ou transformados em monoculturas arbóreas proporcionam a diminuição da diversidade de líquenes. Por outro lado, ambientes florestais com alta diversidade de espécies arbóreas promovem a diversidade de líquenes, pois estes podem utilizar diferentes substratos diversificando as interações líquenes/forófitos (Kaffer, 2005).

Moçambique é um país em franco desenvolvimento. A província de Maputo acomoda o maior parque industrial do país nas cidades de Maputo e Matola e há estudos que indicam níveis de poluição preocupantes nesta região (Queface, 2014). A floresta de mangal está sendo desmatada para o desenvolvimento urbano. Na Costa do Sol, por exemplo, um bairro

nobre da cidade de Maputo, o mangal, que ajudaria a proteger a linha de costa contra a acção do vento e do mar, é cortado para dar lugar a expansão urbana.

Todos estes factores contribuem para o aumento da poluição atmosférica e podem afectar directamente o desenvolvimento dos líquenes. Este estudo pretende responder às seguintes questões: **Qual é a diversidade de espécies de líquenes que ocorrem nas florestas de mangal em Moçambique? Existe alguma relação entre as espécies de líquenes e estado de conservação de mangal?**

1.2. Justificativa

Bagliano (2012), afirma que plantas vasculares, briófitas, algas, invertebrados e vertebrados, são espécies que podem ser utilizadas na substituição de equipamentos que detectam alterações ambientais. O autor continua inferindo que os bioindicadores são analisados por sua interação com o ambiente e pela simplicidade de observação; em destaque os líquenes que crescem em rochas e troncos de árvores e são suscetíveis aos efeitos atmosféricos. Seria, portanto, um método simples, barato e preciso de identificar alterações ambientais importantes ainda na sua fase inicial, o que possibilitaria uma pronta intervenção. Os mangais ocorrem ao longo da zona costeira, onde se localizam as maiores cidades em Moçambique, que, por outro lado, estão a experimentar um grande desenvolvimento industrial, estimulado sobretudo pela indústria mineira, de petróleo e gás. Assim apresentam um grande potencial como indicadores de poluição nestes pólos de desenvolvimento do país.

2. Hipóteses

Para o conhecimento da diversidade de líquenes associados ao estado de conservação do mangal *R. mucronata* e *A. marina* ao longo da Baía de Maputo, estudos sobre diversidade e seus índices foram realizados. Neste contexto, o estudo baseia-se nas seguintes hipóteses:

H0: Existe diversidade de líquenes associados ao mangal *Rhizophora mucronata* e *Avicennia marina* na Baía de Maputo;

H0: Existe relação entre o estado de conservação de mangal e colonização por líquenes na Baía de Maputo.

3. Objectivos

3.1. Objectivo geral

- ❖ Avaliar a relação entre a diversidade de líquenes nas espécies *R. mucronata* e *A. marina*, bem como o seu estado de conservação na Baía de Maputo.

3.2. Objectivos específicos

- ❖ Identificar as espécies de líquenes associadas a *R. mucronata* e *A. marina* na Baía de Maputo;
- ❖ Determinar a frequência de ocorrência de líquenes em diferentes condições de árvores de mangal;
- ❖ Relacionar a ocorrência de líquenes com o estado de conservação do mangal das espécies *R. mucronata* e *A. marina*.

4. Revisão bibliográficas

4.1. Líquenes

Os líquenes são organismos simbióticos formados por uma associação entre um fungo e uma alga ou cianobactéria. A alga, sendo um organismo autótrofo, produz através da fotossíntese o seu próprio alimento e ainda fornece alimento ao fungo. O fungo que é um organismo heterótrofo, actua nesta relação fornecendo à alga a água e os sais minerais necessários para o processo da fotossíntese. A associação é benéfica para ambos os organismos (Raven, 2001).

Considerados cosmopolitas, podem ser encontrados nos lugares mais diversificados desde áreas polares até crateras vulcânicas, podendo sobreviver em condições extremas de temperaturas, salinidade, altas concentrações de poluentes no ar e em solo pobre em nutrientes. Os líquenes também podem ser encontrados sobre rochas, solos, árvores, bem como em superfícies produzidas pelo homem, como é caso do couro, vidro, tijolo, borracha e plástico (Molnár; Farkas, 2010).

Além disso, são considerados bioindicadores uma vez que possuem a capacidade de armazenar contaminantes atmosféricos em suas células. A maioria dos líquenes é terrestre, contudo são encontrados em locais de água doce e na zona entre-marés (Mota filho; Pereira, 2007; Nash, 2008). Eles desempenham papéis essenciais na estabilização dos solos, ciclagem de nutrientes e na provisão de habitats para outras espécies. Portanto, estudar a abundância e diversidade de líquenes pode fornecer informações valiosas sobre o estado de conservação dos mangais (Boer, 2002).

4.2. Estado de conservação do mangal na Baía de Maputo

O estado de conservação dos mangais na Baía de Maputo tem sido objecto de preocupação devido a várias pressões e ameaças que afectam esses ecossistemas. De acordo com um relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) intitulado Estado do Ambiente da Baía de Maputo, os mangais da Baía de Maputo enfrentam ameaças significativas devido ao desenvolvimento costeiro desordenado, poluição, sobrepesca e alterações climáticas. Essas ameaças têm causado a degradação e a perda de mangais na região (PNUMA, 2011).

Matalane *et al.*, (2020) fez o mapeamento e avaliou a mudança de cobertura do solo nos mangais da Baía de Maputo usando imagens de satélite entre 2000 e 2019. Os resultados

indicaram que houve uma diminuição na área de mangal devido à conversão para outros usos, como aquacultura e urbanização.

Outro estudo realizado por Macia *et al.*, (2018) intitulado “Análise de vulnerabilidade e resiliência dos mangais da Baía de Maputo, Moçambique”, avaliou a vulnerabilidade e resiliência dos mangais na região. Os resultados mostraram que os mangais na Baía de Maputo estão altamente vulneráveis a várias pressões, incluindo a elevação do nível do mar, aumento da urbanização e ações humanas não sustentáveis.

4.2.1. Importância dos mangais

Os mangais são ecossistemas costeiros de grande importância ecológica, conhecidos por sua alta biodiversidade e por desempenharem diversos serviços ecossistémicos (Barbosa *et al.*, 2001).

Os mangais fornecem serviços indirectos como a regulação do clima assim como contribuem no sequestro do carbono atmosférico contribuindo na mitigação das mudanças climáticas (Chevallier, 2013). Na vertente socio-económica os mangais fornecem madeira para a construção assim como combustível na forma de lenha para as comunidades costeiras. Também servem de locais de pesca e recolção de espécies com importância económica (Barbosa *et al.*, 2001).

A área ocupada pelas florestas de mangal está a reduzir globalmente devido à sobretudo acções antrópicas, como a exploração de madeira, poluição, reclamação de terra para a construção de infraestruturas, pesca, modificações hidrológicas e modificações da área para a construção de tanques de aquacultura e salinas (Boer, 2002).

Os mangais são também afectados por perturbações naturais como ciclones (Macamo *et al.*, 2016) e a subida do nível do mar (Boer, 2002). Cerca de 75% de todos os mangais estão em apenas 15 países dos quais apenas 7% são protegidos através da sua inclusão em áreas de conservação (Chevallier, 2013).

Na cidade de Maputo, os mangais têm sofrido os impactos das actividades humanas, principalmente as florestas encontradas nas zonas periurbanas da cidade (Macamo *et al.*, 2015) afectando a estrutura e os padrões de regeneração destas florestas (Bandeira *et al.*, 2009). Estes impactos estão geralmente associados à construção de infraestruturas com o

aumento da densidade populacional e a pobreza além da poluição por deposição de resíduos sólidos e descarga de esgotos (Bandeira *et al.*, 2009).

Os impactos negativos sobre os mangais causam impactos ecológicos como a perda da área de mangal, aumento da erosão costeira e redução das pescarias, o que implica necessariamente consequências ao sector socioeconómico, como a perda da fonte de subsistência e agravamento da pobreza para as comunidades que dependem dos recursos dos mangais (Bandeira *et al.*, 2009).

4.3. Condições de colonização de árvores de mangal por líquenes

A colonização de espécies de líquenes nos mangais está sujeita a condições específicas, que incluem factores ambientais, como salinidade, humidade, luz e substrato disponível.

Segundo Peschak *et al.*, (2017), os líquenes têm uma notável capacidade de colonizar ambientes adversos, incluindo áreas costeiras e outros ecossistemas com condições extremas. No caso dos mangais, a colonização de espécies de líquenes depende de algumas condições:

- **Salinidade:** Os mangais são expostos a flutuações de salinidade, variando de água doce a salgada, devido à influência das marés. A capacidade das espécies de líquenes de tolerar ou se adaptar a essas variações é essencial para sua colonização bem-sucedida nos mangais.
- **Humidade:** Os líquenes são sensíveis à disponibilidade de água, pois a humidade é necessária para sua sobrevivência. Em áreas de mangal, onde a inundação é frequente, os líquenes podem encontrar humidade suficiente para prosperar. No entanto, eles também devem ser capazes de resistir a períodos de seca e estresse hídrico.
- **Luz:** A luz solar é necessária para a fotossíntese das algas ou cianobactérias presentes nos líquenes. Embora os mangais sejam geralmente ambientes sombreados devido à densa vegetação, algumas áreas podem receber luz suficiente para permitir o crescimento dos líquenes.
- **Substrato:** Os líquenes requerem um substrato adequado para se fixar e crescer. Nos mangais, os substratos podem incluir árvores, raízes aéreas, rochas ou solo exposto. Além disso, a disponibilidade de nutrientes no substrato pode influenciar a colonização e a diversidade de espécies de líquenes.

Há poucos estudos específicos sobre a colonização de líquenes nos mangais, mas as condições gerais mencionadas acima são amplamente aplicáveis a esses ecossistemas. A colonização de líquenes nos mangais depende de uma combinação complexa de factores físicos e biológicos.

Segundo Lewis (2004), a colonização de uma determinada espécie de mangal por um tipo específico de líquen pode ser influenciada por vários factores, tais como as condições ambientais, a disponibilidade de substrato adequado e a presença de interações biológicas específicas. Algumas espécies de líquenes podem preferir áreas mais expostas à luz solar, enquanto outras podem ser mais adaptadas a ambientes sombreados dentro do mangal.

Além disso, a composição química do mangal também desempenha um papel importante na colonização dos líquenes. Algumas espécies de líquenes são mais tolerantes a altas concentrações de sais e metais pesados, características comuns em ambientes de mangais. A presença dessas substâncias pode favorecer a colonização de certos líquenes adaptados a essas condições específicas.

4.4. Diversidade de líquenes encontrados em árvores de mangais e florestas

Segundo Lima (2013), existem diversos tipos de líquenes que podem ser encontrados em árvores de mangais e florestas. Eles geralmente se fixam nas cascas das árvores e podem ter diferentes aparências e cores. Aqui estão algumas espécies de líquenes que podem ser encontrados nessas áreas:

- ❖ **Líquenes foliosos** (*Xanthoria spp.*, *Parmotrema tinctorum.*, *Dirinaria aegialita* e *Dirinaria picta*): apresentam camadas bem definidas. Sua estrutura é formada pelo córtex superior que funciona como uma superfície de proteção, por uma camada de fotobionte, e pela medula, com hifas frouxamente organizadas e poucas algas dispersas, e por uma camada inferior denominada córtex inferior, o qual pode apresentar estruturas chamadas rizinas e/ou tomento, que proporcionam a aderência do talo ao substrato. O talo folioso pode, na maioria das espécies, ser retirado com facilidade do substrato.
- ❖ **Líquenes fruticosos** (*Cladonia spp.*, *Roccella sp.*, e *Ramalina farinacea*): Apresentam uma estrutura ramificada e ereta, lembrando pequenos arbustos. Pode variar em cores, como cinza, verde ou amarelo. São encontrados tanto em mangais quanto em florestas.

- ❖ **Líquenes crostosos** (*Verrucaria spp.*, *Graphis sp.*, *Opegrapha vulgata* e *Lecanora achroa*): Possuem uma estrutura mais plana e aderida à superfície da casca das árvores. Geralmente tem uma cor acinzentada. Podem ser encontrados em mangais e florestas.

Segundo Cannon *et al.*, (2021), existem 8 espécies de líquen mais comumente encontradas em árvores de mangais. Tais espécies foram observadas colonizando sobretudo *Avicennia spp.*, e espécies da família Rhizophoraceae (*Ceriops spp.*, *Rhizophora spp.*, e *Bruguiera spp.*).

5. Área de Estudo

5.1. Localização Geográfica da Baía de Maputo

O presente trabalho foi realizado na Baía de Maputo, concretamente em três locais do Parque Nacional do Maputo (PNM) (Figura 1), que está localizada no sul de Moçambique entre a latitude 25° 72'10'' e 26° 28'30'' S e longitude 32° 49'10'' e 32° 85'40'' E (Da Silva e Rafael, 2014).

A Baía de Maputo possui uma área de 2, 280 km², com aproximadamente 90 km comprimento da linha de costa e 32 km de largura (Da Silva e Rafael, 2014). O ecossistema da Baía de Maputo liga-se a nordeste do Oceano Índico; a Nordeste é limitado pela Baía de Delagoa, a Noroeste é limitado pela Península de Macaneta, no lado oriental é limitado pela Ilha dos Portugueses e Ilha de Inhaca (Da Silva e Rafael, 2014).

A Baía de Maputo apresenta um clima subtropical, com verão quente e chuvoso (Novembro a Março) e o inverno (Maio a Agosto) é geralmente frio e seco. Geralmente a temperatura média anual não excede 25° C. A precipitação e temperatura máximas são registadas em Janeiro, estendendo-se até Março (Da Silva e Rafael, 2014). Na estação seca a temperatura atinge 18° C e a precipitação média é de menos de 20mm de Junho a Agosto (Da Silva e Rafael, 2014).

Nesta baía desaguam 5 principais rios: Rio Incomáti a Norte (formando o Estuário de Incomáti), Rio Maputo a Sul (formando o Estuário de Maputo), Umbeluzi, Matola e Tembe a Oeste (formando o estuário do Espírito Santo) (Canhanga e Dias, 2005; Da Silva e Rafael, 2014).

Os principais habitats costeiros são os mangais, vegetação aquática submersa (principalmente ervas marinhas e macroalgas), recifes de coral, sistemas dunares, praias e formações rochosas (Ferreira e Bandeira, 2014). No que concerne a fauna, foram identificadas cerca de 130 espécies de aves aquáticas e marinhas (Bento, 2014). Ocorrem nesta baía vários vertebrados, incluindo espécies da Classe Mammalia e outras espécies constituintes da megafauna (Guissamulo, 2014). Ocorre também uma vasta gama de espécies de vertebrados e invertebrados (Alice *et al.*, 2014).

Os recursos localizados na Baía de Maputo incluem o camarão (*Penaeus spp.*), a magumba (*Hilsa kelee*) e, de forma menos significativa, alguns peixes demersais (como a bicuda,

corvina, etc.). Embarcações de pesca semi-industrial e artesanal, usando redes de arrasto, capturam principalmente camarão, enquanto pescadores artesanais pescam à linha, peixes demersais e magumba usando redes de arrasto (Loureiro, 2001).

Na Baía de Maputo ocorrem 6 espécies de mangal nomeadamente: *A. marina*, *R. mucronata*, *Ceriops tagal*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Lumnitzera racemosa* e *Xylocarpus granatum* (Paula *et al.*, 2014).

Os locais selecionados para a coleta de amostras foram Mabuluco, Santa Maria e Tsolombane localizados no distrito de Matutuine ao longo do Parque Nacional de Maputo.

Mabuluco, Santa Maria e Tsolombane são áreas constituídas por uma floresta de mangal semi-fechada com muita penetração de luz, que cresce em forma de Bacia e é dominada por *R. mucronata*.

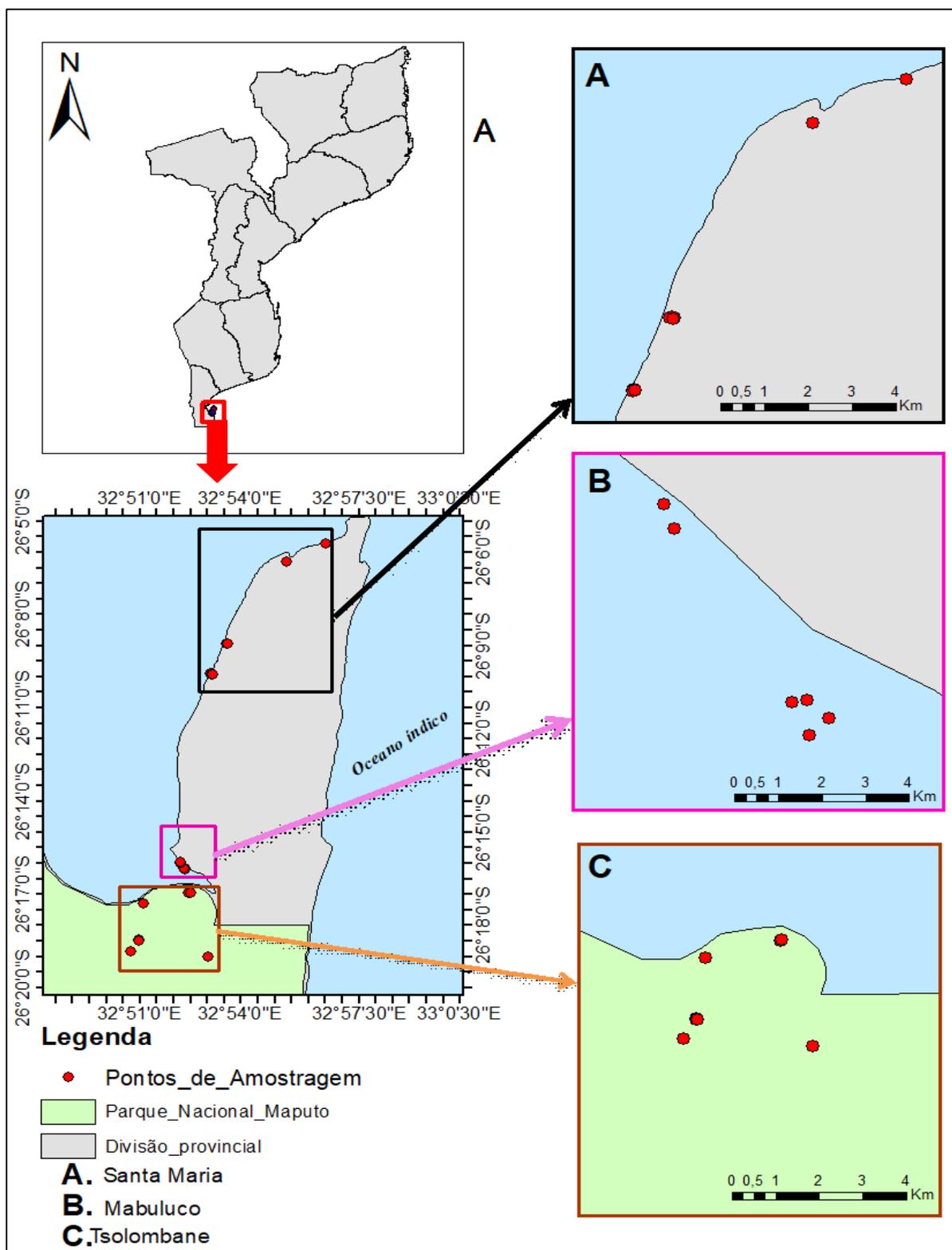


Figura 1: Mapas de áreas de estudo correspondentes aos diferentes locais de amostragem.

Fonte: Autor, 2023

5.2. Materiais e Metodologia

5.2.1. Material do campo

- Bloco de anotações;
- Caneta azul;
- Corda;
- Ficha de registo de registo de campo;
- Fita métrica de 50 m;
- Lápis e borracha;
- Fitas coloridas;
- GPS;
- Guia de Identificação para espécies de Líquenes;
- Papel A4;
- Máquina fotográfica.

5.3. Método de Pesquisa

Neste estudo foi usado o método de quadrículas também conhecido por método de parcelas, de acordo com Wheeler *et al.*, (2011). É uma técnica de campo botânica amplamente usada para o levantamento vegetal, usada para definir uma área dentro da qual se pode estimar a abundância, densidade, frequência, cobertura ou biomassa das plantas.

5.4. Amostragem

Para este estudo foi realizada uma observação directa, que de acordo com Siteo (2015), é um método ou técnica que consiste em observação *in situ* (no local) onde o objecto de estudo está localizado em suas condições naturais. A amostragem foi realizada nos meses de Setembro e Dezembro de 2021, no distrito de Matutuine ao longo do Parque Nacional de Maputo.

Os locais de amostragem foram seleccionados anteriormente à saída de campo, utilizando-se imagens de satélite cuja vegetação do mangal foi classificada em diferentes categorias, sendo estas: mangal denso, mangal disperso e mangal degradado. Delimitou-se através destas imagens, os transectos que foram traçados perpendiculares à linha de costa. A escolha dos transectos foi feita de forma aleatória tendo como base uma tabela de números aleatórios,

mas por forma a garantir que todas as categorias de mangal estariam representadas de modo mais ou menos equilibrado. Cada transecto foi dividido em um número variável de quadrados de 10 x 10m. Um mínimo de 3 pontos de amostragem (sendo um por quadrado de transecto) foi selecionado para amostragem. Em cada ponto de amostragem foi estabelecida uma quadrícula para amostragem.

Nos locais escolhidos para a colheita de amostras (Mabuluco, Santa Maria e Tsolombane) foram demarcados, um total de 24 quadrículas.

Cada uma das quadrículas apresentava uma área de 100m² (10m×10m) (Nicolau *et al.*, 2017; Macamo *et al.*, 2018; Bandeira, 2009; Macamo *et al.*, 2016).

A delimitação das quadrículas foi feita com o auxílio de uma fita métrica de 100m e em seguida utilizou-se uma corda de 45m para demarcar a área amarrando-a em estacas (encontradas no local) em cada um dos vértices do quadrado. Foram também recolhidas as coordenadas geográficas de cada quadrícula com recurso a um GPS para a sua localização num Sistema de Informação Geográfica (GIS – ArcMap Versão 10.5).

5.4.1. Identificação das espécies de líquenes em árvores de mangal

A identificação das espécies de líquenes em árvores de mangal foi feita do seguinte modo: cada árvore dentro da quadrícula foi inspecionada, primeiro o tronco principal e depois nos ramos, para detectar a presença de líquenes. Onde foram observados líquenes, estes foram identificados com base em literatura especializada e tendo em conta as características morfológicas observadas no talo líquénico tais como: hábito, formato, esporo (coloração e tamanho) Lucking *et al.*, (2009).

5.5. Estado de conservação de mangal

5.5.1. Estado das árvores

A descrição do estado de conservação foi baseada na metodologia de Kairo *et al.*, (2001) e Bandeira *et al.*, (2009). Todas as árvores dentro do quadrado foram classificadas numa das seguintes categorias:

- ❖ *Árvore intacta* (I) – para árvores que não apresentavam nenhum sinal de dano (corte);
- ❖ *Árvore parcialmente cortada* (PC) – para árvores que apresentavam um ou poucos ramos cortados correspondentes a uma percentagem menor de 50% dos ramos ou da cobertura de copa, e com o seu tronco principal intacto;
- ❖ *Árvore severamente cortada* (SC) – para árvores que apresentavam muitos dos seus ramos cortados, em mais de 50%, mas com o tronco principal intacto;

- ❖ *Cepo* – para árvores que foram completamente cortadas na base, sem caule e/ou ramificações saudáveis;
- ❖ *Árvore morta* – para árvores secas, cuja morte tenha sido causada por factores naturais (e.g. doença), ou seja, sem sinal visível de corte.

No caso de árvores que apresentassem ramos partidos difíceis de distinguir se foram causados acidental ou propositalmente, estas foram consideradas *intactas* (assumindo que foram partidas acidentalmente).

5.6. Análises de dados

Os dados obtidos no campo foram tabelados e organizados no Microsoft Office Excel 2016 de modo a criar uma planilha de base de dados e posteriormente analisados em pacotes estatísticos.

Foram calculadas as médias de ocorrência de espécie de líquenes para cada categoria de árvores de espécies de mangal. Foi testada a normalidade dos dados através do teste Shapiro Wilk de modo a verificar se estes apresentam uma distribuição normal a partir do pacote estatístico Statsoft STATISTIC (versão 10).

O cálculo de densidade (D_a) foi efetuado segundo a equação (1):

$$D_{ai} = \frac{n_i}{A} \times 100$$

Onde:

D_{Ai} = densidade absoluta da i -ésima classe diamétrica, em número de indivíduos por hectare;

n_i = número de indivíduos da i -ésima classe diamétrica;

A = área amostrada, em hectare (ha).

O cálculo de densidade relativa (D_r) foi efetuado segundo a equação (2):

$$D_{ri} = \frac{D_{ai}}{D_t} \times 100$$

Onde:

D_{Ri} = densidade relativa (%) da i -ésima classe diamétrica;

D_{Ai} = densidade absoluta da i -ésima classe diamétrica

D_T = total (soma) das densidades absolutas das classes diamétricas.

Frequências de ocorrência de líquenes por espécie de mangal

Frequência é o número de vezes que uma espécie ocorre na realização de uma amostragem. A frequência absoluta (Fa) de uma espécie é determinada pelo número de unidades amostrais em que determinada espécie esteve presente (Baxter, 2014), e frequência relativa (Fr) é obtida pela proporção entre frequência absoluta (Fa) de determinada espécie dividida pela soma absoluta das demais espécies inventariadas (Fávero, 2015).

O cálculo da Frequência Absoluta (FA) foi efetuado segundo a equação (3):

$$Fa = \frac{Pi}{P} \times 100$$

Onde:

Fa = Frequência absoluta;

Pi = Número de parcelas com ocorrência da espécie;

P = Número total de parcelas.

O cálculo da Frequência Relativa (Fr) foi efetuado segundo a equação (4):

$$Fr = \frac{Fai}{\sum Fa} \times 100$$

Onde:

Fr = Frequência relativa;

Fai = Frequência absoluta da espécie;

$\sum Fa$ = Somatório das frequências absolutas de todas as espécies amostradas.

Diversidade específica

A diversidade de líquenes em árvores do mangal foi determinada a partir do Índice de diversidade de Shannon-Wiener, que de acordo com Magurran, (2014) é apropriado para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade ou sub comunidade de interesse, e foi estimado a partir da seguinte equação:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (Pi) \times (\ln pi)$$

Onde:

H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener

S = número de espécies;

P_i = proporção da espécie em relação ao número total de espécies encontradas na amostra.

Foi utilizado o Teste Kruskal-Wallis para comparar e determinar as diferenças estatísticas entre as densidades a partir do programa estatístico STATISTICA (Versão 10). Para o teste de normalidade e a comparação das densidades foi utilizado o nível de significância de 5%. Todos os gráficos foram feitos no pacote estatístico GraphPad Prism (Versão 8).

6. Resultados

Diversidade de espécies de líquenes que ocorrem no mangal da Baía de Maputo

Um total de 497 árvores de *R. mucronata* e 230 árvores de *A. marina* foram observadas ao longo das quadrículas distribuídas na área de estudo. Foram amostrados dois (2) pontos por local e em cada ponto foram feitas 4 réplicas totalizando 24 quadrículas amostradas.

Neste estudo foram identificadas oito (8) espécies de líquenes associados às cinco categorias de árvores do mangal (Figura 2) distribuídas em 7 géneros e 6 famílias, sendo 3 espécies do tipo morfológico crostoso, 3 espécies foliosas e duas espécies de tipo morfológico fruticososo (Tabela 1).



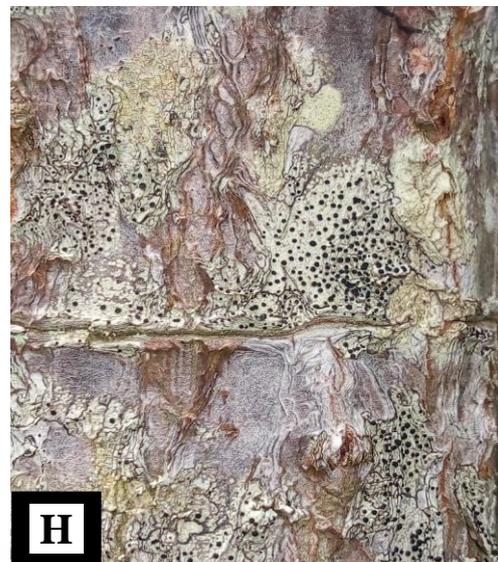
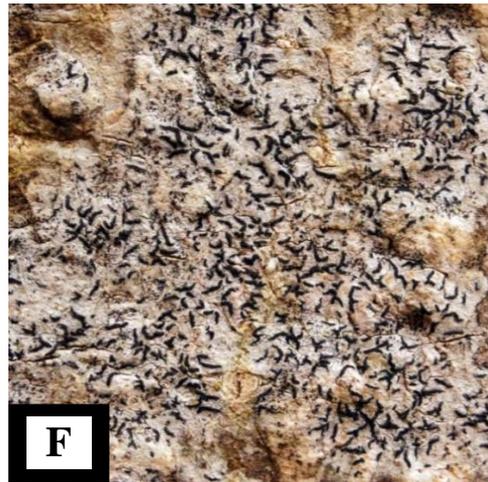


Figura 2: Espécies de líquenes encontradas nas árvores do mangal das espécies *R. mucronata* e *A. marina* na Baía de Maputo.

A- *Parmotrema tinctorum*; **B-** *Dirinaria aegialita*; **C-** *Lecanora achroa*; **D-** *Ramalina farinacea*; **E-** *Dirinaria picta*; **F-** *Opegrapha vulgata*; **G-** *Rocella montagnei* e **H-** *Graphis sp.*

Tabela 1: Lista de espécies de líquenes ocorrendo no mangal, distribuídas por gêneros, famílias e hábito.

Espécies de líquenes	Gênero	Família	Hábito / tipo de crescimento
<i>Lecanora achroa</i>	Lecanora	Lecanoraceae	Crustoso
<i>Opegrapha vulgata</i>	Opegrapha	Roccellaceae	Crustoso
<i>Graphis sp</i>	Graphis	Graphidaceae	Crustoso
<i>Parmotrema tinctorum</i>	Parmotrema	Parmaliaceae	Folioso
<i>Dirinaria aegialita</i>	Dirinaria	Caliciaceae	Folioso
<i>Dirinaria picta</i>	Dirinaria	Caliciaceae	Folioso
<i>Roccella montagnei</i>	Roccella	Roccellaceae	Fruticoso
<i>Ramalina farinacea</i>	Ramalina	Ramalinaceae	Fruticoso

Ocorrência de líquenes em diferentes condições de árvores do mangal

Observou-se cinco (5) categorias de condições de árvores do mangal nos locais, sendo estas: Árvores Intactas, Parcialmente Cortada, Severamente Cortada, Morta e Cepo de árvores.

Em Mabuluco as categorias de árvores de mangal mais colonizadas por líquenes foram as árvores Intactas, Parcialmente Cortadas e Severamente Cortadas. As árvores Intactas e Parcialmente Cortadas apresentaram maior densidade de espécies de líquenes (densidade média \pm erro padrão), sendo esta de 5500 ± 1528 árvores. ha^{-1} e 2400 ± 544.1 árvores. ha^{-1} , respectivamente. Discriminando por espécie, foram encontradas maiores densidades de *R. mucronata* e de *A. marina* Intactas e Severamente Cortadas colonizadas por líquenes (200 ± 57 árvores. ha^{-1} e 113 ± 44.07 árvores. ha^{-1}), respectivamente. As árvores Mortas de *A. marina* e os Cepos de *R. mucronata* colonizadas por líquenes tiveram menor densidade. Salientar que não foram observados cepos de *A. marina* nem árvores mortas de *R. mucronata* colonizadas por líquenes neste local.

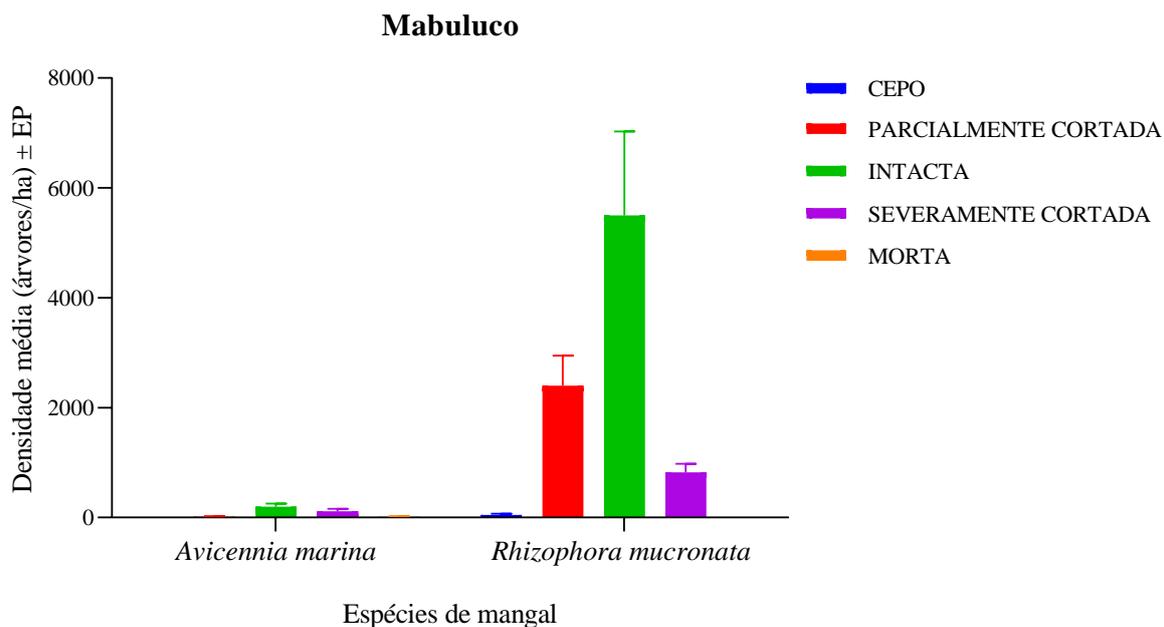


Figura 3: Densidade média de árvores em diferentes estados de conservação colonizadas por líquenes no mangal em Mabuluco. Densidade média \pm erro padrão.

Em Santa Maria não houve colonização de líquenes nos cepos de *A. marina* e *R. mucronata*, nem nas árvores mortas de *R. mucronata*. As árvores Intactas e Parcialmente Cortadas foram mais colonizadas, apresentando densidades de $3338 \pm 876,7$ árvores. ha^{-1} e $450 \pm 132,3$ árvores. ha^{-1} , respectivamente, para *R. mucronata*. Neste local as árvores Parcialmente Cortadas de *A. marina* tiveram maior densidade de árvores colonizadas ($513 \pm 237,9$ árvores. ha^{-1}).

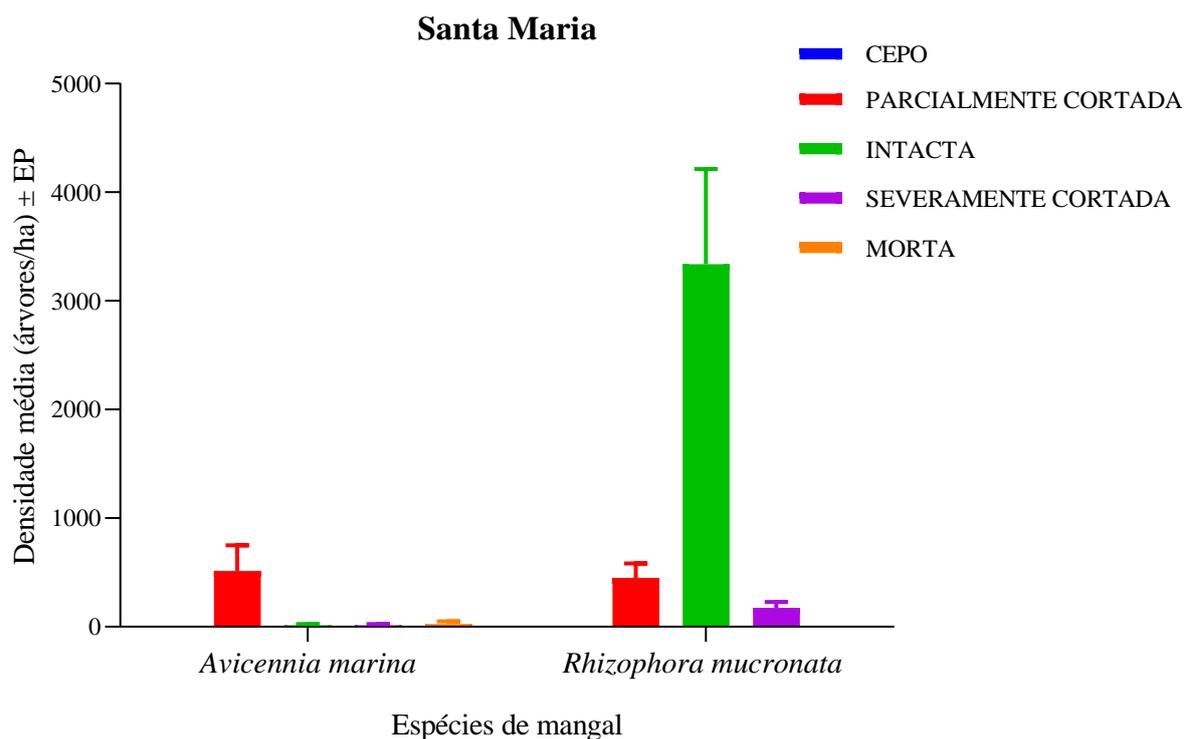


Figura 4: Densidade média de árvores em diferentes estados de conservação colonizadas por líquenes no mangal em Santa Maria. Densidade média \pm erro padrão.

Em Tsolombane as categorias de árvores de mangal mais colonizadas por líquenes foram as árvores Intactas, Parcialmente Cortadas e Severamente Cortadas. As árvores Intactas e Severamente cortadas foram as que apresentaram maior densidade $1325 \pm 773,8$ árvores. ha^{-1} e 100 ± 50 árvores. ha^{-1} , respectivamente, para *R. mucronata*. Em *A. marina* as árvores Intactas, Parcialmente Cortadas e Severamente Cortadas foram as mais colonizadas, com densidades de $500 \pm 360,6$ árvores. ha^{-1} , $213 \pm 146,9$ árvores. ha^{-1} e $100 \pm 56,69$ árvores. ha^{-1} . De referir que neste local as árvores Mortas de *R. mucronata* e Cepos de *A. marina* e *R. mucronata* não foram colonizadas por líquenes.

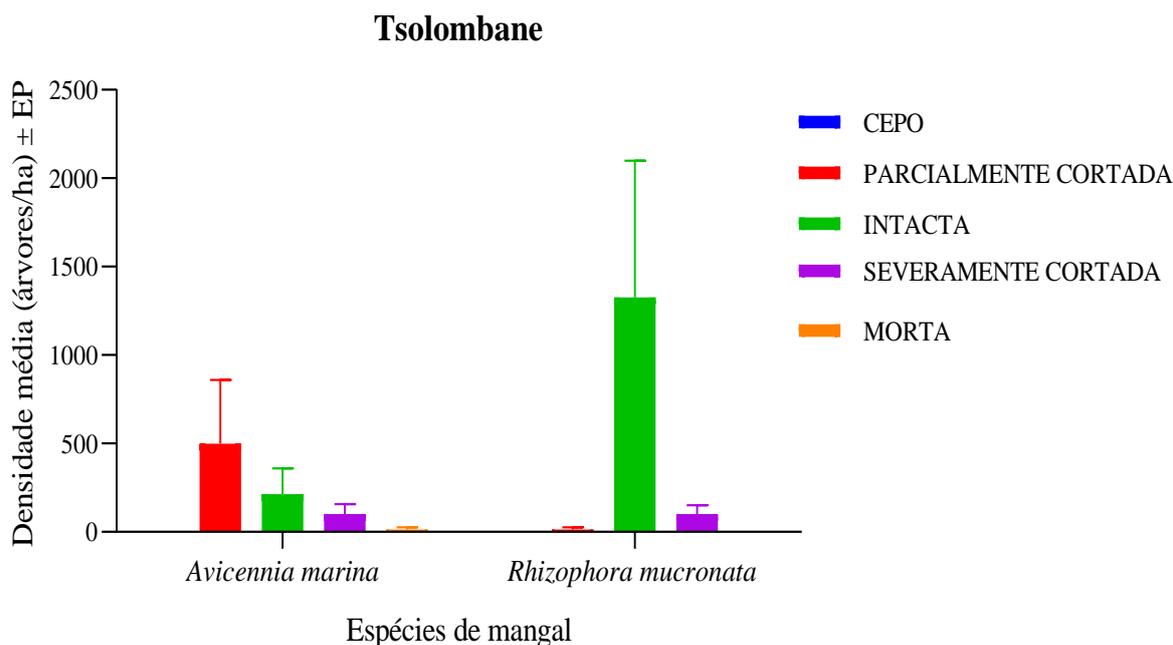


Figura 5: Densidade média de árvores em diferentes estados de conservação colonizadas por líquenes no mangal em Tsolombane. Densidade média \pm erro padrão.

No geral (considerando os 3 locais), verificou-se ao longo do estudo que as árvores mais colonizadas por líquenes foram as Intactas, as Parcialmente Cortadas e as Severamente Cortadas. Os líquenes colonizaram 9463 árvores/ha (Intactas); 2850 árvores/ha (Parcialmente Cortadas) e 1100 árvores/ha (Severamente Cortadas) para *R. mucronata*. No caso de *A. marina*, os números foram 1025 árvores/ha (Parcialmente Cortadas), 425 árvores/ha (Intactas) e 238 árvores/ha (Severamente Cortadas). Não houve líquenes nas árvores Mortas de *R. mucronata* e nem nos cepos de *A. marina*.

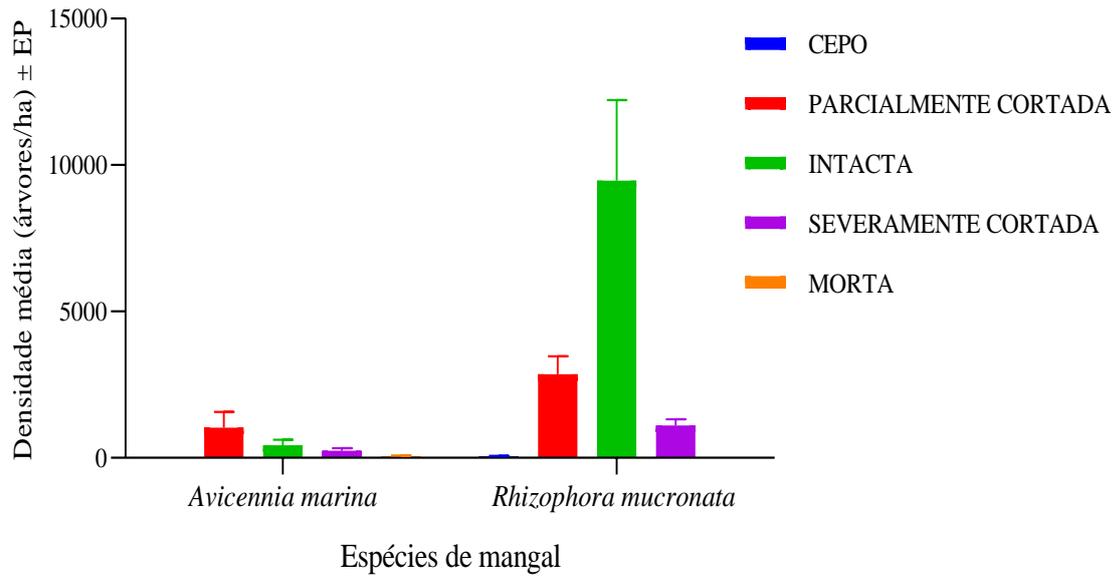


Figura 6: Densidade média de árvores em diferentes estados de conservação colonizadas por líquenes. Densidade média \pm erro padrão.

O teste de comparação múltipla de Kruskal-Wallis mostrou diferenças significativas nas densidades das árvores colonizadas por líquenes ($p < 0.05$). As diferenças foram observadas entre os Cepos e as árvores Intactas de *A. marina*; Cepos e árvores Parcialmente Cortadas, Cepo e árvores Intactas, árvores Parcialmente Cortadas e árvores Mortas, árvores Intactas e árvores Mortas; e árvores Severamente Cortadas e árvores Mortas para *R. mucronata*.

Frequência de colonização em função da condição

As árvores Intactas e Parcialmente Cortadas de *R. mucronata* foram as mais colonizadas por líquenes, com cerca de 440 e 192, respectivamente. Os líquenes mais frequentes foram *R. farinacea* (25%), *O. vulgata* (21%), *P. tinctorum* (18%) e *D. aegialita* (15%).

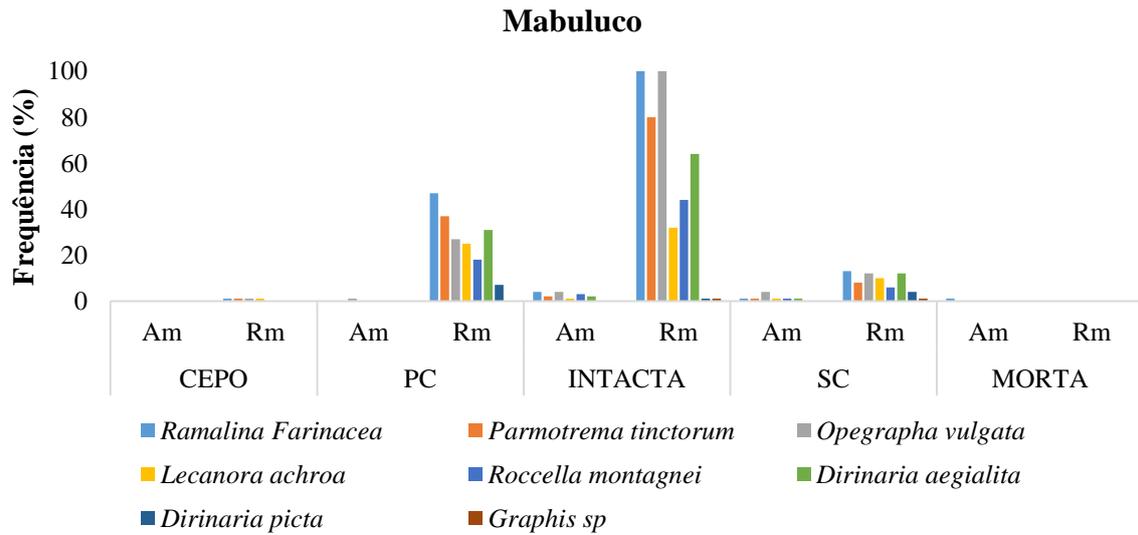


Figura 7: Frequência de ocorrência de líquenes no mangal em diferentes condições em mabuluco.

Em Santa Maria as árvores Intactas e Parcialmente Cortadas de *R. mucronata* foram as mais colonizadas por líquenes com cerca de 267, 41 e 36 respectivamente. As espécies de líquenes mais frequentes foram *O. vulgata* (26%), *R. montagnei* (18%), *L. achroa* (16%), *D. aegialita* (16%) e *R. farinacea* (11%). De referir que *O. vulgata* (26%) e *Graphis sp* (7%) tiveram maior frequência nas árvores Parcialmente Cortadas de *A. marina*.

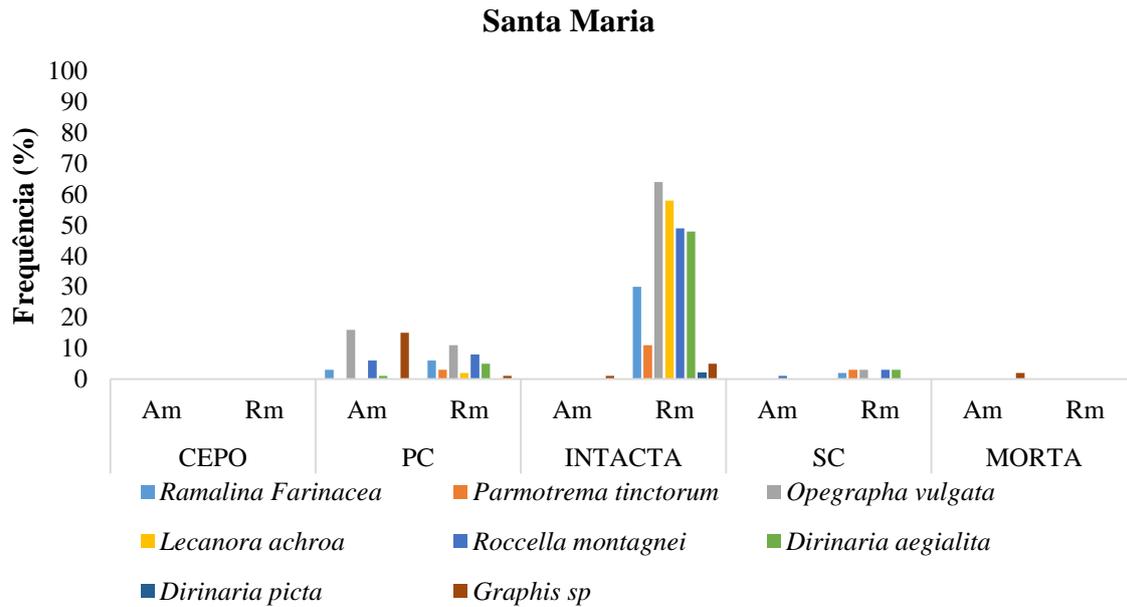


Figura 8: Frequência de ocorrência de líquenes em diferentes condições de árvores em Santa Maria.

Em Tsolombane as árvores Intactas e Severamente Cortadas de *R. mucronata* e *A. marina* foram mais colonizadas por líquenes, com cerca de 106 e 40, respectivamente, sendo as mais frequentes *O. vulgata* (60%), *P. tinctorum* (16%) e *R. farinacea* (15%).

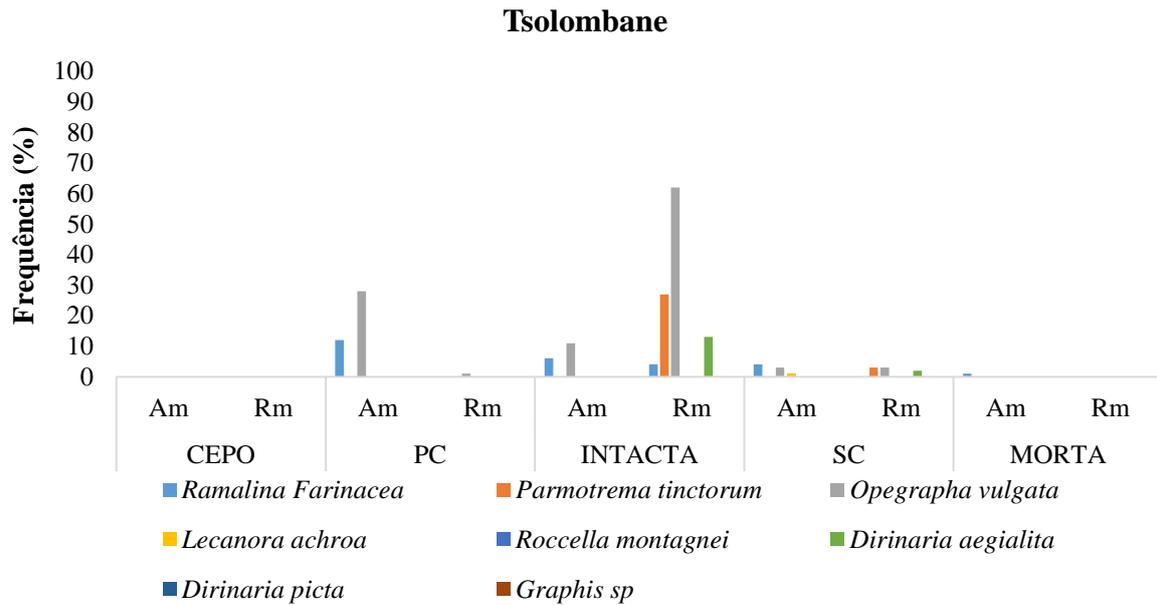


Gráfico 9: Frequência de ocorrência de espécies de líquenes em diferentes condições de árvores do mangal em tsolombane.

De forma geral, as árvores Intactas e Parcialmente Cortadas de *R. mucronata* foram as mais colonizadas com cerca de 757 e 228, respectivamente, os líquenes mais frequentes foram *O. Vulgata* (29%), *R. farinacea* (20%), *D. aegialita* (15%), *P. tinctorum* (14%) e *R. montagnei* (11%) e menos frequente foi *D. picta* (1.5%). Nas árvores Parcialmente Cortadas de *A. marina* os líquenes mais frequentes foram *O. Vulgata* (29%), *R. farinacea* (20%) e *Graphis sp* (2%). Os Cepos de árvores, árvores Severamente Cortadas e Mortas foram raramente colonizadas.

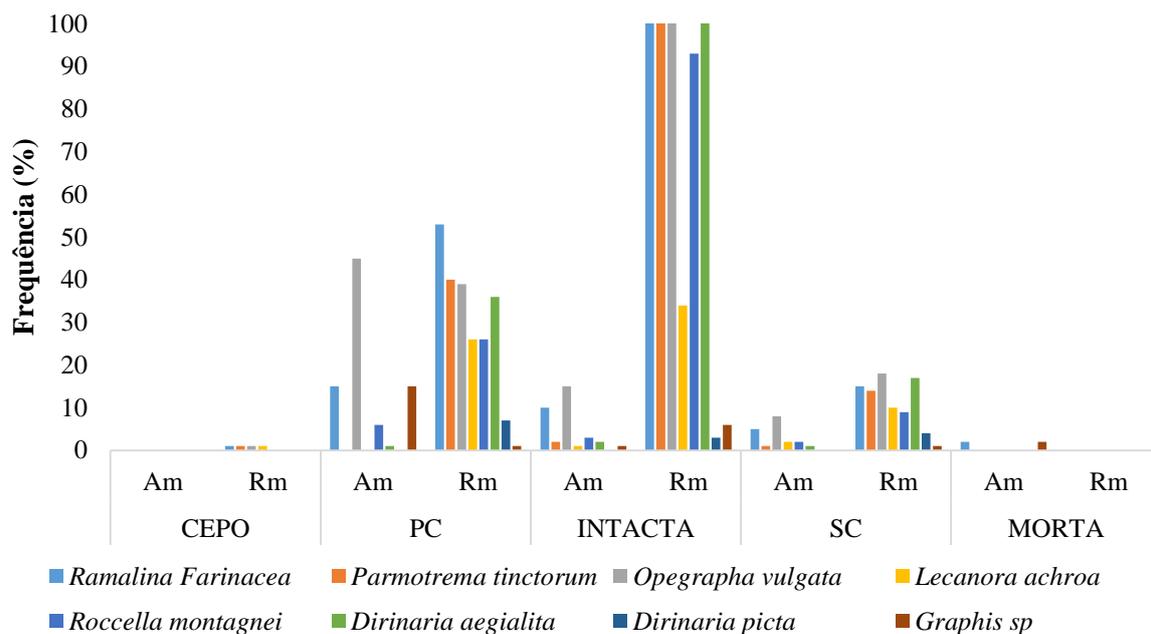


Figura 10: Frequência de ocorrência de líquenes em diferentes condições de árvores de mangal nos três locais de amostragem.

Índice de diversidade

O índice de diversidade de Shannon-Weiner foi de 2.661 em Mabuluco, 2.510 em Santa Maria e 1.608 em Tsolombane. Para os três (3) locais combinados, o índice é de 2.691 (Apêndice, Tabela 9).

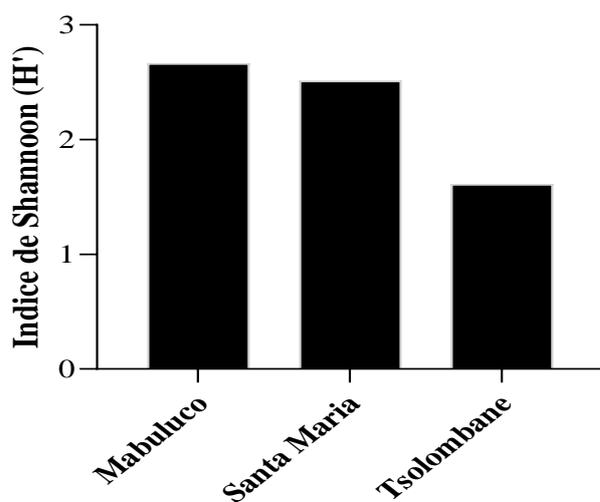


Figura 11: Índice de diversidade de Shannon-Weiner para os locais amostrados.

7. Discussão

Diversidade específica de líquenes

Os resultados deste estudo revelaram ocorrência de 8 espécies de líquenes associadas a 5 categorias de árvores de mangal, nomeadamente, árvores Intactas, Parcialmente Cortadas, Severamente Cortadas, Mortas e Cepos. As árvores Intactas foram as mais colonizadas por líquenes. Esse resultado pode dever-se ao facto de que as árvores intactas oferecem abrigo e condições ideais para o crescimento dos líquenes, uma vez que o ambiente natural oferece maior estabilidade de temperatura, humidade e disponibilidade de nutrientes. Além disso, as árvores intactas são a categoria mais frequente na floresta. Este resultado assemelha-se ao obtido por Grosman *et al.*, (2011) no estudo realizado sobre composição e diversidade de líquenes em três diferentes áreas do Mato do Silva em Chiapetta (Brasil), onde foram encontrados um total de 301 espécies de líquenes. Neste estudo concluiu-se que um solo rico em matéria orgânica, uma grande diversidade de plantas, grande quantidade de pteridófitas, presença de gramíneas, presença de árvores de grande porte, alguns arbustos, e a iluminação através de raios solares, propiciam um ambiente agradável para os líquenes.

Segundo Peschak *et al.*, (2017) a diversidade de líquenes em árvores intactas pode ser maior devido a uma série de factores. Primeiro, a presença de árvores intactas fornece um habitat mais estável e diversificado para os líquenes, com diferentes microambientes, variações de humidade e exposição à luz solar, o que pode favorecer uma variedade de espécies de líquenes.

A diversidade de líquenes em árvores do mangal parcialmente cortadas pode ser atribuída ao aumento da disponibilidade de luz e micro-habitats criados pela exposição parcial da casca da árvore. Estudo realizado por Santesson *et al.*, (2004) observou que a diversidade de líquenes foi significativamente maior em árvores parcialmente cortadas do que em árvores completamente sombreadas, devido à maior variedade de condições micro-ambientais proporcionadas pela exposição parcial da casca.

Segundo Haddad *et al.*, (2003) a presença de árvores parcialmente cortadas pode criar condições de borda (extremidade de qualquer superfície), onde diferentes tipos de habitat se encontram. Essas áreas de transição podem ser especialmente propícias para os líquenes, já que diferentes espécies podem colonizar as superfícies expostas das árvores cortadas, enquanto outras continuam a crescer nas áreas intactas, aumentando assim a diversidade geral.

As categorias de árvores Severamente Cortadas, Mortas e Cepos de árvores apresentaram menor diversidade de líquenes neste estudo. Este resultado assemelha-se ao resultado de estudo realizado por Lõhmus e Lõhmus (2012), observou que a diversidade de líquenes diminui significativamente em áreas onde a cobertura arbórea foi drasticamente reduzida devido ao corte. Esse efeito pode ser atribuído à perda de habitats e condições microclimáticas adequadas para o crescimento dos líquenes em áreas intensamente perturbadas.

A diversidade de líquenes em árvores mortas tende a ser menor quando comparada a árvores vivas devido à falta de nutrientes e condições ambientais menos favoráveis. Segundo estudo publicado por Bates *et al.*, (2010), a diversidade de líquenes é significativamente reduzida em árvores mortas devido à diminuição da disponibilidade de nutrientes e microclimas menos estáveis. Esse fenômeno ocorre devido à ausência de fluxo de seiva e à deterioração da casca das árvores mortas, o que afeta a disponibilidade de substratos e microclimas adequados para o crescimento dos líquenes (Silva *et al.*, 2020).

A diversidade de líquenes pode ser menor em cepos de árvores devido às condições específicas desse ambiente. Como afirmado por McCune (2007), no estudo sobre diversidade e ecologia de líquenes em copas florestais, os líquenes são altamente dependentes das características microclimáticas e da disponibilidade de substratos, e os cepos de árvores podem oferecer condições menos favoráveis em comparação com outras superfícies, resultando em uma menor diversidade de líquenes.

Segundo Santos *et al.*, (2021) os mangais em estágios mais avançados de degradação apresentam uma redução significativa na diversidade de líquenes em comparação com os mangais em bom estado de conservação. Além disso, destacam que a perda de espécies de líquenes pode indicar um declínio na qualidade ambiental e uma redução na resiliência do ecossistema de mangal.

Frequência de colonização em função da condição

As árvores Intactas e Parcialmente cortadas de *R. mucronata* e *A. marina* foram as mais frequentemente colonizada por líquenes, e menos frequentes foram as árvores Severamente cortadas, Mortas e Cepos de *R. mucronata* e *A. marina*. As árvores intactas e Parcialmente cortadas fornecem um ambiente mais propício para o crescimento dos líquenes, pois oferecem substratos originários, como cascas e ramos, além da disponibilidade de nutrientes

provenientes da seiva das árvores. Em contrapartida, árvores Mortas, Cepos de árvores e troncos Severamente cortados podem apresentar condições adversas, como menor humidade, falta de nutrientes, exposição excessiva à luz solar direta e variações extremas de temperatura. Esses factores dificultam a colonização e o desenvolvimento dos líquenes

Segundo Toledo *et al.*, (2018), os líquenes são bem adaptados às condições ambientais específicas e podem ser influenciados por diversos factores. No caso das árvores de mangal, a abundância e frequência de líquenes podem estar relacionadas às diferenças nas características das espécies de árvores.

Segundo Logesh *et al.*, (2012) as árvores de *R. mucronata* geralmente possuem estruturas aéreas como raízes aéreas que proporcionam habitats exclusivos para a colonização de organismos, incluindo líquenes. Essas estruturas podem oferecer proteção contra ondas, fornecendo substratos para o crescimento e retenção de humidade, criando condições propícias para os líquenes.

Segundo Caldiz (2005), as árvores de mangal da espécie *A. marina* pode ter características diferentes em termos de estrutura e microclima nas áreas onde estão presentes. Essas diferenças podem variar dependendo da capacidade dos líquenes de se estabelecerem e prosperarem.

Segundo Rangsiruji *et al.*, (2020), as espécies *O. vulgata* e *R. farinacea* são halotolerantes, pois estas espécies não precisam de sal para proliferar, mas toleram altas concentrações de sal, o que explica a maior frequência destas duas espécies observadas neste estudo.

Relação entre as espécies de líquenes e a condição das árvores

Neste estudo a relação entre espécies de líquenes e a condição de árvores foram observadas entre os Cepos e as árvores Intactas de *A. marina*; Cepos e árvores Parcialmente Cortadas, Cepo e árvores Intactas, árvores Parcialmente Cortadas e árvores Mortas, árvores Intactas e árvores Mortas; e árvores Severamente Cortadas e árvores Mortas para *R. mucronata*.

A relação entre líquenes e árvores parcialmente cortadas é importante para entender os efeitos da perturbação das árvores no ecossistema. Segundo Lobel *et al.*, (2015), os líquenes desempenham um papel crucial na regeneração das árvores após o corte parcial. Eles podem colonizar as superfícies expostas das árvores cortadas, ajudando a estabilizar o ambiente e fornecendo nutrientes às plantas em crescimento. Essa simbiose entre líquenes e árvores

parcialmente cortadas é fundamental para a recuperação de ecossistema florestal após intervenções humanas.

Segundo Löbel *et al.*, (2010) os pesquisadores observaram que a presença de líquenes em árvores severamente cortadas pode indicar uma recuperação de ecossistema florestal, já que os líquenes podem ser os primeiros organismos a colonizar áreas perturbadas, contribuindo para a reconstituição da biodiversidade.

Segundo Lucking *et al.*, (2017) os líquenes podem desempenhar um papel crucial na recuperação das árvores após cortes severos. Eles colonizam as superfícies expostas das árvores e fornecem nutrientes, como nutrientes, aos tecidos das árvores. Além disso, os líquenes também podem ajudar a proteger as árvores contra patógenos, contribuindo assim para sua sobrevivência e recuperação após o corte.

A relação de líquenes com árvores Mortas é relevante para o processo de associação de madeiras mortas, como destacado por Lucking *et al.*, (2014) em seu estudo sobre a biodiversidade de líquenes em florestas tropicais. Os líquenes podem colonizar a casca das árvores mortas, contribuindo para a quebra gradual da matéria orgânica e a reciclagem de nutrientes no ecossistema florestal.

8. Conclusão

Neste estudo foram identificadas oito (8) espécies de líquenes, sendo estas: *O. vulgata*, *R. farinacea*, *P. tinctorum*, *L. achroa*, *D. aegialita*, *R. montagnei*, *D. picta* e *Graphis sp* associados às cinco (5) categorias de árvores *R. mucronata* e *A. marina*. As categorias de árvores do mangal identificadas são Intactas, Parcialmente Cortadas, Severamente Cortadas, Mortas e Cepos de árvores. Dos líquenes identificados, três espécies são do tipo crostosos (*Opegrapha vulgata*, *Lecanora achroa* e *Graphis sp*), três são do tipo morfológico foliosos (*Parmotrema tinctorum*, *Dirinaria aegialita* e *Dirinaria picta*) e duas são do tipo morfológico fruticosos (*Ramalina farinacea* e *Roccella montagnei*).

Em *R. mucronata* as espécies mais frequentes são: *O. vulgata*, *R. farinacea*, *P. tinctorum*, *D. aegialita*, *L. achroa* e *R. montagnei*. A maioria dos líquenes coloniza árvores intactas (densidade média \pm erro padrão) 5500 ± 1528 árvores/ha⁻¹. A categoria menos colonizada por líquenes é Parcialmente cortada (densidade média \pm erro padrão) $13 \pm 12,5$ árvores/ha⁻¹, e em *A. marina*, a espécie mais frequentes de líquenes são: *O. vulgata* e *R. farinacea* que colonizou sobretudo árvores Intactas (densidade média \pm erro padrão) $513 \pm 273,9$ árvores/ha⁻¹. Árvores mortas foram menos colonizadas por líquenes (densidade média \pm erro padrão) $13 \pm 12,5$ árvores/ha⁻¹. Este comportamento foi observado em Mabuluco.

Em Santa Maria os líquenes mais frequentes são: *O. vulgata*, *R. farinacea*, *D. aegialita*, *L.* e *R. montagnei*. A maioria dos líquenes coloniza árvores intactas de *R. mucronata* (densidade média \pm erro padrão) $3338 \pm 876,7$ árvores/ha⁻¹. A categoria de árvores Severamente cortada é menos colonizada por líquenes (densidade média \pm erro padrão) $175 \pm 52,61$ árvores/ha⁻¹, e em *A. marina*, a espécie mais frequentes de líquenes são: *Graphis sp* e *O. vulgata* que colonizou sobretudo árvores Parcialmente Cortada (densidade média \pm erro padrão) $513 \pm 273,9$ árvores/ha⁻¹. Árvores Severamente Cortada foram menos colonizadas por líquenes (densidade média \pm erro padrão) $13 \pm 12,5$ árvores/ha⁻¹.

Em Tsolombane os líquenes mais frequentes são: *O. vulgata* e *Parmotrema tinctorum*. A maioria dos líquenes coloniza árvores intactas de *R. mucronata* (densidade média \pm erro padrão) $1325 \pm 773,8$ árvores/ha⁻¹. A categoria de árvores Parcialmente cortada é menos colonizada por líquenes (densidade média \pm erro padrão) $13 \pm 12,5$ árvores/ha⁻¹, e em *A. marina*, a espécie mais frequentes de líquenes são: *O. Vulgata* e *R. farinacea* que colonizou sobretudo árvores Parcialmente Cortada (densidade média \pm erro padrão) $500 \pm 360,6$

árvores/ha⁻¹. Árvores mortas foram menos colonizadas por líquenes (densidade média ± erro padrão) $13 \pm 12,5$ árvores/ha⁻¹.

Estes resultados indicam que florestas saudáveis terão maior ou menor quantidade de líquenes, mas no que diz respeito a diversidade das espécies de líquenes é importante considerar composição específica de floresta de mangal.

9. Recomendações e Limitações

9.1. Recomendações

- Recomenda-se que estudos mais aprofundados como por exemplo a relação da diversidade de líquenes com a condição da árvore do mangal sejam realizados em todos os pontos da Baía de Maputo e em outros pontos do País de modo a se ter uma base ampla da diversidade específica e morfológica de líquenes que ocorrem associados ao mangal;
- Sejam mais aprofundados, no qual possam envolver estudos anatómicos e moleculares e que esses estudos sejam realizados ao longo de todas áreas da Baía de Maputo e a nível Nacional;
- Sejam realizados estudos sobre líquenes em outros tipos de árvores, não apenas as árvores de mangais.

9.2. Limitações

- Ao longo do processo de amostragem houve dificuldades de acesso de certos pontos devido a elevada densidade de árvores que obstruam as vias de acesso para o local. Durante a realização do trabalho a grande limitação foi a pouca disponibilidade de literatura sobre líquenes principalmente associados ao mangal o que dificultou muito na identificação de espécies de líquenes e na confrontação dos resultados com estudos de outros autores.

Referências Bibliográficas

- Büdel, B. & Scheidegger, C. (2008). Thallus morphology and anatomy. pp. 40-68. In: Nash, T. III (Ed.) *Lichen Biology* 2 ed. Cambridge, Cambridge University Press.
- Bagliano, R. V. (2012). Principais organismos utilizados como bioindicadores relatados com uso de avaliadores de danos ambientais. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade* | vol.2 n.1 | jul – dez.
- Baxter, J. (2014). *Methods in ecology, evolution and conservation (Bio 221B)*. Califórnia, CSU Sacramento.
- Bento, C. (2014). The Avifauna of Maputo Bay. In: Bandeira, S. e J. Paula. *The Maputo Bay Ecosystem*. Vol. 1. pp 265 – 269.
- Bässler, C., MW Cadotte, B. Beudert, C. Heibl, M. Blaschke, JH Bradtka, T. Langbehn, S. Werth, e J. Müller. (2016). Padrões contrastantes de diversidade funcional de líquen e riqueza de espécies em um gradiente de elevação. *Ecografia* 39: 689–698.
- Buaruang, K., Boonpragob, K., Mongkolsuk, P., Sangvichien, E., Vongshewarat, K., Polyiam, W., Lumbsch, HT (2017). Uma nova lista de verificação de fungos liquenizados ocorrendo na Tailândia. *MycKeys*, 23, 1-91. doi:10.3897/mycokeys.23.12666
- Brodo, I.M.; Sharnoff, S.D. & Sharnoff, S. (2001). *Lichens of North America*. New Haven & London, Yale University Press. 795 pp.
- Caldiz, P. e Chotikarn, P. (2018): *Biomass Estimates and Species Diversity of Natural and Planted Mangroves in Trang, Thailand*. – Proceedings of the 1 st International Conference on Climate Change, Biodiversity, Food Security and Local Knowledge, 3-4 September 2018. Artha Wachana Christian University, Kupang, East Nusa Tenggara, Indonesia.
- Canhanga, S., J.M. Dias. (2005). Tidal characteristics of maputo bay, Mozambique. *Journal of Marine Systems*. 58 (1): 83-97
- Carlile, M.J., Watkinson, C.S., Gooday, G.W. (2001). *The fungi*. 2nd edition. *Academs press*.
- Cáceres, M. E.S., Lücking, R. Rambold, G. (2007). Phorophyte specificity and environmental parameter versus stochasticity as determinants for species composition corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. *Mycological Progress* 6:117-136.

- Cáceres, M.E.S., Lücking, R. Rambold, G. (2008). Efficiency of sampling methods for accurate estimation of species richness of corticolous microlichens in the Atlantic rainforest of northeastern Brazil. *Biodiversity and Conservation* 17: 1285-1301.
- Cannon, P. Coppins, D. Ertz, A. Fletcher, A. Pentecost, J. S. (2021). *Revisões de líquenes britânicos e irlandeses Arthoniales : Opegraphaceae. 13.*
- Cavalvante, J. G. (2012). *Fatores associados à estrutura da comunidade de líquens corticícolas crostosos em duas áreas de Caatinga no estado de Alagoas.* Aracajú, Sergipe. Universidade Federal de Sergipe. 67pp.
- Cleavitt, N.L., Dibble, A.C. & Werier D.A. (2009). Influence of tree composition upon epiphytic macrolichens and bryophytes in old forests of Acadia National Park, Maine. *The Bryologist* 112: 467-487.
- Cornwell, W.K, D.W, Schwilk, D.D, Ackerly. (2006). *A trait-based test for habitat filtering: convex hull volume.* *Ecology* 87: 1465-1471.
- Coceare, D. B. (2001). Estudo da determinação de elementos-traço em líquens para monitoração ambiental. 122f. Dissertação (Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Aplicações). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – autarquia associada a Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Donato, D. C., J. B. Kauffman, D. Murdiyarto, S. Kurnianto, M. Stidham e M. Kanninen (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature geoscience*. DOI: 10.1038/NGEO1123.
- Elix, JA (2009). Dirinaria. Dentro Flora da Austrália (Vol. 57, pp. 509-517).
- Da Silva, A., J. Rafael. (2014). Geographical and Socio-economic Setting of Maputo Bay. In: Bandeira, S. e J. Paula. *The Maputo Bay Ecosystem*. Vol. 1. pp 11 – 20
- Fávero, A.A. (2015). Ecologia e fitossociologia da vegetação arbórea de um morro testemunho no sul do Brasil. Tese de mestrado. 145pp. Santa Maria, Brasil.
- Filho, L.X., Rizzini, C.T. (1976). *Manual de Liqueologia Brasileiro*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco.
- Fleig, M., Grüniger, W., Mayer, W.E., Hampp, R., (2008). Líquens da Floresta com Araucária no Rio Grande do Sul. *EdiPUCRS*, pp. 219.
- Fernando, S., S. Bandeira (2009). Litter fall and decomposition of mangrove species *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata* in Maputo Bay, Mozambique. *Western Indian Ocean*. Vol. 8 (2): 172-182.

- Ferreira, M.A., S. Bandeira. Maputo Bays's Coastal Habitats. In: Bandeira, S. e J. Paula. (2014). The Maputo Bay Ecosystem. Vol. 1. pp 21 – 24.
- Goward, T., McCune, B., Meidinger, D. (1994). The lichens of British Columbia. Illustrated keys. Part 1 – Foliose and squamulose species. British Columbia. Ministry of Forests.
- Greuter, W., McNeill, J., Barrie, F.R., Burdet, H.M., Demoulin, V., Filgueiras, T.S., Nicolson, D.H., Silva, P.C., Skog, J.E., Trehane, P., Turland, N.J. & Hawksworth, D.L. (eds.). (2000). Código Internacional de Nomenclatura Botânica (Código de Saint Louis). Adotado pelo XVI Congresso Internacional de Botânica, Saint Louis, Missouri, julho-agosto de 1999. Disponível em: <http://www.bgbm.org/iapt/nomenclature/code/SaintLouis/0000St.Luistitle.htm>
- Guissamulo, A. (2014). Marine Mammals and Other Marine Megafauna of Maputo Bay.
- Goward, T., McCune, B., Meidinger, D. (1994). The lichens of British Columbia. Illustrated keys. Part 1 – Foliose and squamulose species. British Columbia. Ministry of Forests.
- Honda, N. K.; Vilegas, W. (1998). A química dos líquens. Quimica Nova, São Paulo, v. 22, pp. 110-125.
- Huneck, S.; Yoshimura, I. (1996). Identification of lichen substances. 492pp.
- Hauck, M. (2011). Fatores locais que controlam a abundância de líquen epifítico em florestas de coníferas do norte. Flora - Morfologia, Distribuição, Ecologia Funcional das Plantas 206: 81–90.
- Jones, S. E., et al. (2015). Effects of tree cutting and fire on lichen diversity in a southern Appalachian hardwood forest. The Bryologist, 118 (3), 245-253.
- Jaklitsch, W; Baral, H; Lücking, R. (2016). Syllabus of plant families-A. Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien Part 1/2.
- Johnson, R. *et al.*, (2017). "Lichen diversity in temperate rainforests of the Pacific Northwest, USA." Ecological Applications, 27 (4), 1206-1218.
- Kulikova, N.N., A. N. Sutorin, E. V. Saibatalova, S. M. Boiko, E. N. Vodneva, O. A. Timoshkin, and A. V. Lishtva. (2011). Geologic and Biogeochemical Role of Crustose Aquatic Lichens in Lake Baikal. *Geochemistry International*. Vol. 49, No. 1, pp. 66–75.

- Komposch, H., J. Halfellner. (2000). *Diversity and vertical distribution of lichens in a Venezuelan tropical lowland rain forest*. Selhyana 21 (1.2): 11-24.
- Käffer, M.I. (2005). Estudo de Líquens Corticícolas Foliosos em um Mosaico de Vegetação no Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado, UNISINOS, São Leopoldo.
- Käffer, M.I, Ganade, G. & Marcelli, M.P. (2009). Lichen diversity and composition in Araucaria Forest and tree monocultures in southern Brazil. *Biodiversity and Conservation* 18: 3543- 3561.
- Käffer, M.I, Marcelli, M.P. & Ganade, G. (2010). Distribution and composition of the lichenized mycota in a landscape mosaic of southern Brazil. *Acta botanica brasílica* 24: 790-802.
- Koch, N.M., R.W., & MARTINS, S.M.A. (2012). Comunidade de líquens foliosos em *Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme (Asteraceae) em área de Floresta Ombrófila Mista no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Sér. Bot.*, V. 67, n. 1, pp. 47-57.
- Kauffman, J. B., C. D. Donato (2016). Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. 40pp. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Lücking, R., et al. (2017). A situação de um gênero megadiverso: conservar ou não conservar *Lecanora* (Ascomycota liquenizada: Lecanoraceae)? *Biodiversidade e Conservação*, 26 (12), 2907-2931.
- Lücking, R., et al. (2014). Biogeografia de fungos formadores de líquen: uma revisão. Em *Biogeografia de Organismos Microscópicos* (pp. 309-334). Cambridge University Press.
- Lücking, R. (1998). 'Plasticolous' lichens in a tropical rain forest at La Selva Biological Station, Costa Rica. *The Lichenologist* 30: 287-301.
- Löbel, S., Snäll, T. e Rydin, H. (2015). Resiliência da vegetação de turfeiras de *Sphagnum* após incêndios florestais: são necessários verões com chuvas regulares para a recuperação do ecossistema. *Jornal de Ecologia Aplicada*, 52 (6), 1630-1638.
- Lõhmus, P., & Lõhmus, A. (2012). The importance of forest continuity for the retention of rare epiphytic lichen species in Estonia. *Biodiversity and Conservation*, 21 (12), 3163-3183.
- Longhi, R. V. (2011). *Manejo experimental de uma Floresta Ombrófila Mista Secundária no Rio Grande do Sul*. 83p Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)

- Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, RS.

- Lima, E. L. (2013). Riqueza e composição de líquens corticícolas crostosos em área de Caatinga no Estado de Pernambuco. Dissertação de mestrado. 109pp.
- Loureiro, N. (2001). Pescaria de magumba da Baía de Maputo. Boletim de Divulgação do IIP, 34: 23-30.
- Lemos, A., Käffer, M.I. & Martins, S.A. (2007). Composição e diversidade de líquens corticícolas em três diferentes ambientes: Florestal, Urbano e Industrial. Revista Brasileira de Biociências 5 (2): 228-230.
- Logesh A.R, D.K. Upreti, M. Kalaiselvam, S. Nayaka, K. Kathiresan. (2012). *Flora de líquenes de Manguezais de Pichavaram e Muthupet (costa sudeste da Índia)*. Mycosphere / 3/6/1, 884-888.
- Lucking, R., Hodkinson, B. P., & Leavitt, S. D. (2017). The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota – Approaching one thousand genera. The Bryologist, 119 (4), 361-416.
- Marcelli, M.P. (1992). Ecologia Liquênica nos Manguezais do Sul-Sudeste Brasileiro. Bibliotheca Lichenologica 47: 1-288.
- Menezes, A. A., Lima, E. L., Xavier-Leite, A. B., Maia, L. C., Aptroot, A., Cáceres, M. E. S. (2013). *New species of Arthoniales from NE Brazil*. The Lichenologist 45(5): 611–617.
- Magurran A. E. (2011). *Measuring Biological Diversity*. 70 pp. Australia, Blackwell Science.
- Magurran, A. E. (1988). Ecological diversity and its measurement. Dordrecht Springer. Netherlands, 179 pp.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Publishing, 256 pp.
- Martins, S.M.A. (2006). Estudo da Comunidade Liquênica epífita em *Dodonaea viscosa* L. na Restinga do Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS. Tese de Doutorado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Martins, S.M.A. & Marcelli, M.P. (2007). Distribuição vertical de líquens no tronco de *Dodonaea viscosa* L. na restinga de Itapuã, Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Biociências 5 (supl. 2): 660-662.

- Marini, L., J. Nascimbene e PL Nimis. (2011). Padrões em grande escala de espécies de líquen epifítico Riqueza: Resposta dependente do Photobiont ao clima e à estrutura da floresta. *Ciência do Total Environment* 409: 4381–4386.
- Machava, V., A. Macia., D. de Abreu (2014). By-catch in The Artesanal and Semi-industrial Srimp Trawl Fisheries in Maputo Bay. In: Bandeira, S. e J. Paula. *The Maputo Bay Ecosystem*. Vol. 1. pp 291 – 295.
- Macamo, C., A. Siteo (2017). Relatório de Governação Ambiental 2016 - Governação e gestão de mangais em Moçambique. 63 pp. Maputo, Centro Terra Viva.
- Nayaka S, D.K Upreti, K.K Ingle. (2012). *Manguezais da Índia: Habitat Potenciais para Líquenes Únicos Flora. Biodiversidade marinha*, Pp68-74.
- Niemi, GJ., ME McDonald. (2004). Aplicação de Indicadores Ecológicos. Revisão Anual de *Ecology, Evolution and Systematics* 35: 89-111.
- Nash, T. H. (2008). *Lichens Biology*. 2ª ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp. 299-314.
- Nash, T.H. & Elix, J.A. (2002). *Parmotrema*. In: Nash III, T.H., Ryan, B.D., Gries, C. & Bungartz, F. (eds.). *Lichen Flora of the greater Sonoran Desert Region*. Volume 1. Lichens Unlimited, Arizona State University, Tempe, Arizona, USA. p. 318-329.
- Oliveira, J.P.F. (2008). *Líquenes corticícolas crostosos (Lecanoraceae: Ascomycota) do Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – CCB - UFPE*.
- Odum, E. P. (2008) *Fundamentos da ecologia*. São Paulo: Cengage Learning.
- Parenti, M. S. (2015). Hurricane Effects on Mangrove Canopies Observed from MODIS and SPOT Imagery. 48 pp. Strategy & Analytics, Saatchi & Saatchi Wellness, New York.
- Purvis, O.W. (2000). *Lichens*. London, The Natural History Museum.
- Pandava, G., Mohabe, S., Anjali, D. B., & Reddy, A. M. (2020). *Assessment of the lichen diversity from Koundinya wildlife sanctuary, Andhra Pradesh, India*. *Tropical Plant Research*, 7(2), 427–439. <https://doi.org/10.22271/tpr.2020.v7.i2.051>
- Pereira M. A. M., C. M. M. Louro, C. Litulo e R. S. Fernandes (2018). Levantamento ecológico de base sobre recifes de coral e florestas de mangal dentro ou próximo de cinco áreas de pesca de gestão comunitária. 108 pp. Maputo, IDEPA, Centro Terra Viva.

- Rosabel, D., A. Burgaz e O. Reyes. (2012). *Diversidad y distribución vertical de líquenes corticícolas em la pluvisilva montana de la Gran Piedra, Cuba*. *Botanica Complutensis* 36: 19-30.
- Rodrigues, L.C. (2012). *A comunidade de microlíquens crostosos sofre alteração ao longo de gradientes ambientais na Caatinga*. Universidade Federal de Sergipe. Dissertação. 82pp.
- Rangsiruji, A., Boonpragob, K., Mongkolsuk, P., Sodamuk, M., Buaruang, K., Binchai, S., Parnmen, S. (2020). *Diversidade e levantamento filogenético de líquenes cianobacterianos (Collematineae, Ascomycota) em florestas de mangue do leste da Tailândia*. *O briologista*, 119 (2), 123-130. doi: 10.1639 / 0007-2745-119.2.123
- Raven, P. H.; Evert, R.F.; Eichhorn, S.E. (2001). *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Santesson, R., Moberg, R., Nordin, A., Tønsberg, T., & Vitikainen, O. (2004). *Lichens and lichenicolous fungi of Fennoscandia*. Museum of Evolution, Uppsala University.
- Santos, J. M. G. (2012). *Diversidade de líquens em leguminosas da Reserva Biológica de Mogi-Guaçu, SP*. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Botânica) – Instituto de Biociências - UNESP – Botucatu, SP.
- Smith, A. B., et al. (2017). Lichen functional traits, diversity, and biomass in Neotropical montane forests. *Biotropica*, 49 (6), pp 838-848.
- Smith, J. et al. (2018). Diversity and distribution of lichens on urban trees in North America. *Environmental Pollution*, 236, pp 481-489.
- Smith, J., Jones, A., & Silva, P. (2018). Diversidade de líquenes em diferentes tipos de florestas. *Revista de Ecologia Florestal*, 42 (3), 78-92.
- Smith, J., et al. (2018). Colonização de líquenes em árvores parcialmente cortadas: benefícios ecológicos e implicações para o manejo florestal. *Jornal de Ecologia*, 45 (2), 123-135.
- Soares, M. L. (1999). *Estrutura Vegetal e Grau de Perturbação dos Manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*. *Rev. Brasil. Biol*, Volume 59 (3): 503-515pp.
- Stevenson, G. B. (1974). *Biologia dos fungos, bactérias e vírus*. São Paulo: EDUSP.

- Shukla, V.; Joshi, G. P.; Rawat, M. S. M. (2010). Lichens: as potential natural source of bioactive compounds: a review. *Phytochemistry Reviews*, Dordrecht, Netherlands v. 9, pp. 303:314.
- Spielmann, A.A. (2006). *Fungos Liquenizados (Liquens)*. Instituto de Botânica – IBt. São Paulo.
- Stocker-wörgötter, E. (2008). Metabolic diversity of lichen-forming ascomycetous fungi: culturing, polyketide and shikimate metabolite production, and PKS genes. *Natural Product Reports*, London, v.25, pp. 188–200.
- Silva, L. L., et al., (2020). Lichen biomonitoring of air quality in a tropical urban environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (2), 1754-1763.
- Toledo, L. L. et al., (2018). Frequent epiphytism of lichens and bryophytes on urban trees in a tropical environment. *Urban Ecosystems*, 21 (3), 447-459.
- Trigueiros, L. (2017). Tese de doutoramento – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Biologia vegetal, recifes. Inclui referências e apêndices.
- Will-Wolf, S., Hawksworth, D.L., Mccune, B., Rosentreter, R., Spiman, J.M. (2004). Lichenized Fungi. In: Mueller. G.M., Bills, G.F., Foster, M.S. (eds) *Biodiversity of Fungi. Inventory and Monitoring Methods*. Elsevier, Amsterdam, pp. 173-195.
- Zanetti, C.A. Estudo taxonômico e anatômico em espécies de *Canoparmelia* s.l. (2014). (*Parmeliaceae, Ascomycota* liquenizados). 95pp. Dissertação (mestrado) – instituto de biociências, unesp – universidade estadual paulista, botucatu.

Apêndices

Apêndice 1

Tabela 2. Tabela do teste de normalidade Shapiro-Wilk das espécies de líquenes em diferentes condições de árvores de mangal.

	<i>Rhizophora mucronata</i>				
Shapiro-Wilk test	CEPO	PC	INTACTA	SC	MORTA
W	0,6647	0,9399	0,9359	0,9307	Invalid input data
P value	0,0009	0,6096	0,5716	0,522	
Passed normality test (alpha=0.05)?	No	Yes	Yes	Yes	

Tabela 3. Tabela do teste de normalidade Shapiro-Wilk das espécies de líquenes em diferentes condições de árvores de mangal.

	<i>Avicennia marina</i>				
Shapiro-Wilk test	CEPO	PC	INTACTA	SC	MORTA
W	Invalid input data	0,7279	0,755	0,8217	0,5659
P value		0,0046	0,0093	0,0486	<0.0001
Passed normality test (alpha=0.05)?		No	No	No	No

Tabela 4. Tabela apresentando o *P values* do teste de comparação múltipla das densidades das espécies de líquenes em diferentes condições de árvores de mangal *Rhizophora mucronata*.

Kruskal-Wallis test	Significant?	Adjusted P Value
CEPO vs. PC	Yes	0,0197
CEPO vs. INTACTA	Yes	0,0017
CEPO vs. SC	No	0,2908
CEPO vs. MORTA	No	>0.9999
PC vs. INTACTA	No	>0.9999
PC vs. SC	No	>0.9999
PC vs. MORTA	Yes	0,0011
INTACTA vs. SC	No	>0.9999
INTACTA vs. MORTA	Yes	<0.0001
SC vs. MORTA	Yes	0,0304

Tabela 5. Tabela apresentando o *P values* do teste de comparação múltipla das densidades das espécies de líquenes em diferentes condições de árvores de mangal *Avicennia marina*.

Kruskal-Wallis test	Significant?	Adjusted P Value
CEPO vs. PC	No	0,0572
CEPO vs. INTACTA	Yes	0,0189
CEPO vs. SC	No	0,1327
CEPO vs. MORTA	No	>0.9999
PC vs. INTACTA	No	>0.9999
PC vs. SC	No	>0.9999
PC vs. MORTA	No	0,5266
INTACTA vs. SC	No	>0.9999
INTACTA vs. MORTA	No	0,2251
SC vs. MORTA	No	0,9873

Tabela 6. Tabela apresentando o índice de diversidade de Shannon-Wiener das espécies de líquenes nas categorias de árvores de mangal em Mabuluco.

=====

==

MEASURES OF SPECIES DIVERSITY
(Program DIVERS, Version 7.2)

* Label for Data

RAW DATA

SPECIES NO. NO. OF INDIVIDUALS PROPORTION OF SAMPLE

1	150.0	0.2131
2	131.0	0.1861
3	155.0	0.2202
4	70.0	0.0994
5	72.0	0.1023
6	112.0	0.1591
7	12.0	0.0170
8	2.0	0.0028

Total No. of Individuals = 704.

=====

==

* SIMPSON'S DIVERSITY (1-D) = 0.827 (for finite population) (Eq. 12.29)

RECIPROCAL OF SIMPSON'S DIVERSITY (1/D) = 5.732 (N(2) (Eq. 12.30)

**** SHANNON-WIENER DIVERSITY (H') = 2.661 bits per individual (Eq. 12.31)**

NO. OF EQUALLY COMMON SPECIES (N(1)) = 6.15 (Eq. 12.32)

***** BRILLOUIN'S DIVERSITY (H) = 2.582 bits per indiv. (Eq. 12.33)**

EVENNESS MEASURES -

SIMPSON (1/D) MEASURE = 0.717 (Eq. 12.35)

CAMARGO E-prime MEASURE = 0.648 (Eq. 12.36)

SMITH AND WILSON Evar MEASURE = 0.284 (Eq. 12.37)

MODIFIED NEE et al. E(Q) MEASURE = 0.107 (Eq. 12.38)

**** Label for Data**

Tabela 7. Tabela apresentando o índice de diversidade de Shannon-Wiener das espécies de líquenes nas categorias de árvores de mangal em Santa Maria.

MEASURES OF SPECIES DIVERSITY
(Program DIVERS, Version 7.2)

*** Label for Data**

RAW DATA

SPECIES NO.	NO. OF INDIVIDUALS	PROPORTION OF SAMPLE
1	41.0	0.1136
2	17.0	0.0471
3	95.0	0.2632
4	60.0	0.1662
5	67.0	0.1856
6	57.0	0.1579
7	2.0	0.0055
8	22.0	0.0609

Total No. of Individuals = 361.

*** SIMPSON'S DIVERSITY (1-D) = 0.827 (for finite population) (Eq. 12.29)**

RECIPROCAL OF SIMPSON'S DIVERSITY (1/D) = 5.711 (N(2)) (Eq. 12.30)

**** SHANNON-WIENER DIVERSITY (H') = 2.510 bits per individual (Eq. 12.31)**

NO. OF EQUALLY COMMON SPECIES (N(1)) = 6.32 (Eq. 12.32)

***** BRILLOUIN'S DIVERSITY (H) = 2.592 bits per indiv. (Eq. 12.33)**

EVENNESS MEASURES -

SIMPSON (1/D) MEASURE = 0.714 (Eq. 12.35)

CAMARGO E-prime MEASURE = 0.643 (Eq. 12.36)

SMITH AND WILSON Evar MEASURE = 0.408 (Eq. 12.37)

MODIFIED NEE et al. E(Q) MEASURE = 0.136 (Eq. 12.38)

** Label for Data

**

=====
==

Tabela 8. Tabela apresentando o índice de diversidade de Shannon-Wiener das espécies de líquenes nas categorias de árvores de mangal em Tsolombane.

=====
==

MEASURES OF SPECIES DIVERSITY

(Program DIVERS, Version 7.2)

* Label for Data

RAW DATA

SPECIES NO. NO. OF INDIVIDUALS PROPORTION OF SAMPLE

1 27.0 0.1467

2 30.0 0.1630

3 111.0 0.6033

4 1.0 0.0054

5 15.0 0.0815

Total No. of Individuals = 184.

=====
==

* SIMPSON'S DIVERSITY (1-D) = 0.584 (for finite population) (Eq. 12.29)

RECIPROCAL OF SIMPSON'S DIVERSITY (1/D) = 2.388 (N(2)) (Eq. 12.30)

**** SHANNON-WIENER DIVERSITY (H') = 1.608 bits per individual (Eq. 12.31)**

NO. OF EQUALLY COMMON SPECIES (N(1)) = 3.05 (Eq. 12.32)

***** BRILLOUIN'S DIVERSITY (H) = 1.544 bits per indiv. (Eq. 12.33)**

EVENNESS MEASURES -

SIMPSON (1/D) MEASURE = 0.478 (Eq. 12.35)

CAMARGO E-prime MEASURE = 0.489 (Eq. 12.36)

SMITH AND WILSON Evar MEASURE = 0.249 (Eq. 12.37)

MODIFIED NEE et al. E(Q) MEASURE = 0.105 (Eq. 12.38)

** Label for Data

**

=====
==

Tabela 9. Tabela apresentando o índice de diversidade de Shannon-Wiener das espécies de líquenes nas categorias de árvores de mangal em três locais de amostragem.

=====
==

MEASURES OF SPECIES DIVERSITY
(Program DIVERS, Version 7.2)

* Label for Data

RAW DATA

SPECIES NO.	NO. OF INDIVIDUALS	PROPORTION OF SAMPLE
1	218.0	0.1745
2	178.0	0.1425
3	361.0	0.2890
4	131.0	0.1049
5	139.0	0.1113
6	184.0	0.1473
7	14.0	0.0112
8	24.0	0.0192

Total No. of Individuals = 1249.

=====
==

* SIMPSON'S DIVERSITY (1-D) = 0.821 (for finite population) (Eq. 12.29)

RECIPROCAL OF SIMPSON'S DIVERSITY (1/D) = 5.559 (N(2)) (Eq. 12.30)

** SHANNON-WIENER DIVERSITY (H') = 2.691 bits per individual (Eq. 12.31)

NO. OF EQUALLY COMMON SPECIES (N(1)) = 6.24 (Eq. 12.32)

*** BRILLOUIN'S DIVERSITY (H) = 2.616 bits per indiv. (Eq. 12.33)

EVENNESS MEASURES -

SIMPSON (1/D) MEASURE = 0.695 (Eq. 12.35)

CAMARGO E-prime MEASURE = 0.640 (Eq. 12.36)

SMITH AND WILSON Evar MEASURE = 0.462 (Eq. 12.37)

MODIFIED NEE et al. E(Q) MEASURE = 0.152 (Eq. 12.38)

** Label for Data

**

=====
==

Apêndices 2.

Ficha do campo

Data: ___/___/___ Área _____ Transecto _____ Nº do quadrado _____

Local _____ Coordenadas _____ X _____

Colector _____ Tamanho do quadrado _____ x _____

Observações _____

Ord	Árvores de mangal	Espécies de líquen	Condição da árvore
	Espécies		
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			

20			
----	--	--	--