



FUNDAÇÃO LIKHULU
Delivering Marine Conservation Impact
& Growing Future Leaders

ESTUDO SOBRE OS MANGAIS DO DISTRITO DA MATOLA E ESTUÁRIO DO ESPÍRITO SANTO, BAÍA DE MAPUTO

Carlos Litulo, BSc.
Raquel S Fernandes, MSc.
Muri Soares, MSc.
Marcos AM Pereira, MSc.





ESTUDO SOBRE OS MANGAIS DO DISTRITO DA MATOLA E ESTUÁRIO DO ESPÍRITO SANTO, BAÍA DE MAPUTO

Capa: Mangal branco (*Avicennia marina*) adjacente ao Rio Maputo (Fotografia: Raquel Fernandes).

Local e data de produção: Maputo, Dezembro 2023

Relatório preparado para e submetido à ICEI, projecto MangAction - “Preservação e valorização do património ambiental para um desenvolvimento sustentável e resiliente na Baía de Maputo”, financiado pela Agência Italiana de Cooperação para o Desenvolvimento (AICS) no âmbito do programa ManGrowth – “Preservar os Ecossistemas para o Desenvolvimento Sustentável: Participação no reflorestamento e gestão dos mangais na Baía de Maputo e desenvolvimento de actividades geradoras de rendimento”.

Citação sugerida: Litulo C, RS Fernandes, MG Soares & MAM Pereira (2023). Estudo sobre os mangais do Distrito da Matola e Estuário do Espírito Santo, Baía de Maputo. Relatório não publicado, 78 pp. Maputo, Fundação Likhulu.

Direitos Reservados

Esta obra é propriedade da ICEI e da Fundação Likhulu, sendo aplicáveis direitos de autor. Esta publicação, total ou parcialmente, não pode ser reproduzida em qualquer forma ou meio, seja eletrónico, mecânico ou óptico, para qualquer finalidade, sem a autorização expressa por escrito da ICEI e da Fundação Likhulu.

TABELA DE CONTEÚDOS

Sumário Executivo	ii
Executive Summary	vii
Agradecimentos	xi
1. Introdução	1
2. Objectivos	2
3. Área de Estudo	3
4. Metodologia	6
4.1. Produção do Mapa de Mudança de Mangal	6
4.2. Avaliação de Precisão e Estimativa de Áreas	7
4.3. Identificação das Principais Causas de Mudança e Potenciais Ameaças	11
4.4. Avaliação dos Limites de Inundação	12
4.5. Avaliação das Condições Ecológicas da Floresta de Mangal	12
5. Resultados	18
5.1. Mapa de Mudança de Mangal (2013-2022)	18
5.2. Avaliação de Precisão	18
5.3. Áreas Ajustadas do Mapa	20
5.4. Identificação das Principais Causas de Mudança e Potenciais Ameaças	22
5.5. Avaliação dos Limites de Inundação	37
5.6. Avaliação das Condições Ecológicas da Floresta de Mangal	42
5.7. Caracterização Estrutural da Floresta	51
5.8. Regeneração	57
5.9. Determinação do Carbono Orgânico do Solo	60
6. Medidas com Vista a Recuperação, Conservação e Gestão de Florestas de Mangal e Estratégias de Restauração	62
6.1. Ordenamento e Fiscalização	62
6.2. Campanhas de Educação e Sensibilização Ambiental	62
6.3. Expansão Assistida e Restauração de Ecossistemas	63
6.4. Programas de Monitoria e Investigação	71
7. Referências Bibliográficas	74
8. Anexos	78

SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente estudo enquadra-se no programa MangAction que está a ser implementado pelo consórcio WeWorld, Natura, IUCN, ABIODES, AOTUKA e liderado pelo Instituto da Cooperação Económica Internacional (ICEI). Este programa tem como foco a recuperação e restauração de habitats costeiros (florestas de mangal), e a promoção de actividades de geração de rendimento, incluindo a promoção do turismo sustentável como forma de aliviar a pressão sobre os mangais. Sob auspícios da intervenção da gestão, recuperação e restauração de florestas de mangal, o ICEI contratou a Fundação Likhulu para realizar um estudo no Rio Matola e Estuário do Espírito Santo (Baía de Maputo), que visava responder os seguintes pontos: (i) determinar a cobertura de mangal e mudanças de cobertura (perdas e ganho de mangal) através da análise de imagens satélite disponíveis para o período entre 2013 e 2023; (ii) identificar as principais causas responsáveis pela mudança da cobertura dos mangais através de entrevistas e observações de campo; (iii) avaliar os limites de inundação através de imagens satélite e observações de campo; (iv) Avaliar as condições ecológicas das florestas de mangal através da amostragem *in situ*; e (v) Propor medidas para a recuperação, conservação e gestão de florestas de mangal existentes na área intervenção do projecto e elaboração de estratégias de restauração.

Mapeamento e identificação das principais causas de mudança

O mapa de mudança do mangal foi produzido utilizando imagens de Landsat 8, através da plataforma do Google Earth Engine. Para o propósito deste estudo, foram definidas quatro classes, nomeadamente: mangal estável, outros tipos de cobertura, perdas de mangal e ganhos de mangal e foi utilizado o algoritmo de classificação Random Forest. A avaliação de precisão e estimativa de área seguiu as melhores práticas internacionais, tendo-se realizado uma amostragem aleatória estratificada para as quatro classes do mapa. No total, foram utilizadas 457 unidades amostrais para avaliação da precisão do mapa. A avaliação das unidades amostrais foi feita utilizando a ferramenta Collect Earth, que permite a visualização de imagens de alta e média resolução dos repositórios do Google Earth, Bing Maps e Earth Engine Explorer.

No total, a área de estudo cobre 68 346.20 hectares (ha). O mapa produzido identificou um total de 2 014 ha de mangal estável, 6.3 ha de perdas de mangal e 52.6 ha de ganhos de mangal. A precisão geral do mapa foi de 96.5%. Como resultado da avaliação de precisão, foi possível produzir estimativas ajustadas das áreas do mapa, tendo resultado numa área estimada de 3 528.8 ha (\pm 1471.7) de mangal estável, 5.6 ha (\pm 0.4) de perdas de mangal e 51.4 ha (\pm 1.6) de ganhos de mangal. A estimativa da área de mangal estável (sem perda ou ganho nos últimos 10 anos) é superior à área mapeada devido à ocorrência de alguns eventos em que áreas de mangal estável foram classificadas no mapa como outros tipos de cobertura (ie. infra-estruturas, outra vegetação como caniço ou machambas, rio). Isto deve-se ao facto de o mangal desta região ter uma densidade de árvores muito reduzida, o que dificulta a detecção de algumas manchas de mangal através das imagens de Landsat 8. Não foi possível atribuir as causas de perda de mangal no Rio Umbelúzi (5.8 ha) devido à falta de condições logísticas para a realização de uma inspecção no terreno, e de entrevistas às comunidades locais. No Rio Tembe a erosão foi identificada, através de imagens satélite, como causa da perda de mangal (0.3 ha).

Levantamentos ecológicos

A composição específica indica que espécie *Avicennia marina* esteve presente em todos os locais de amostragem, sendo a única espécie observada em Malhampsene, Mussumbuluco e Matola A – Língamo. A maior diversidade específica (quatro espécies) foi observada no Estuário do Espírito Santo, sendo *A. marina* (55.6%) a espécie mais abundante, seguida por *Bruguiera gymnorrhiza* (22.2%), *Ceriops tagal* e *Rhizophora mucronata* (ambas com 11.1%). Na Katembe foram observadas duas espécies, a *A. marina* (60.0%) e *R. mucronata* (40.0%). As árvores adultas amostradas no Rio Maputo eram maioritariamente compostas por *A. marina* (81.8%) e em menor proporção, *R. mucronata*.

A densidade das árvores adultas variou entre 900 e 1 500 árvores por hectare. As densidades mais elevadas foram observadas em Malhampsene, Mussumbuluco, Rio Maputo, Katembe e as mais baixas para Matola A e Estuário do Espírito Santo.

As árvores de maior porte foram observadas no mangal adjacente ao Rio Maputo (7.1 ± 2.6 m de altura; 17.1 ± 13.5 cm de diâmetro à altura do peito). Nos outros locais as árvores adultas foram menores (média inferior a 4.2 m de altura e 5.3 cm de DAP), tendo também sido observadas árvores anãs em Mussumbuluco (42.1%), Katembe (37.5%), Matola A-Língamo (25.0%) e Malhampsene (11.7%).

A análise do estado de conservação aponta para a existência de corte de mangal em todos os locais amostrados, sendo a proporção de árvores com corte (cortadas e cepos) alta no Estuário do Espírito Santo, Matola A-Língamo e Malhampsene (entre 31.3 a 33.3%) e mais baixas na Katembe (27.3%) e Rio Maputo (18.2%). No entanto, no Rio Maputo verificou-se que as duas árvores de *R. mucronata* amostradas (100%) possuíam cortes. Os cepos de *A. marina* foram observados na Katembe (14.3%) e em Malhampsene (6.3%).

O Índice de Complexidade das florestas de mangal (relaciona o número de espécies, densidade de árvores adultas, área basal total e altura média das árvores) evidenciou maior complexidade para o Rio Maputo (10.8), seguindo-se a Katembe (3.3) e o Estuário do Espírito Santo (0.7). As outras áreas apresentaram um Índice de Complexidade baixo.

No que tange à fenologia, a maior proporção de árvores com própagulos foi observada no Estuário do Espírito Santo (45.5%), seguida pela Katembe (36.4%) e Rio Maputo (21.4%), e uma menor proporção de árvores na Matola A-Língamo (10.0%), sugerindo maior probabilidade de recuperação natural destes locais. As árvores com floração foram observadas em todos os locais visitados (à exceção de Matola A-Língamo), nomeadamente Mussumbuluco (37.0%), Estuário do Espírito Santo (36.4%), Malhampsene (25.3%), Rio Maputo (21.4%) e Katembe (9.1%).

O presente estudo também revelou a capacidade de boa regeneração natural na Matola A – Língamo, Rio Maputo e Mussumbuluco dada a presença de mudas das classes de regeneração I e II.

Os resultados da biomassa e carbono acima e abaixo do solo, calculados com base em equações alométricas, apontam para existência de consideráveis stocks de biomassa e

carbono acima e abaixo do solo no Rio Maputo, seguindo-se Matola A – LÍngamo e Mussumbuluco, sugerindo uma boa capacidade de absorção de carbono por via das raízes e folhas pelas espécies de mangal presentes nos locais referidos.

Os resultados das análises laboratoriais com vista à determinação do teor de carbono no solo apontam para a existência de elevadas percentagens de carbono no intervalo de profundidade dos 0 – 15 cm na Matola A – LÍngamo (%C = 1.90%), seguida da Katembe (%C = 1.40%) e Rio Maputo (%C = 1.21). O Rio Maputo “cemitério” (local com elevada presença de árvores mortas por causas indeterminadas) apresentou percentagens de carbono ligeiramente elevadas para os intervalos de profundidades dos 15 – 30 cm (%C = 0.91%) e dos 30 – 50 cm (%C = 0.88%). O carbono registado neste local pode ser proveniente da decomposição das árvores de mangal mortas.

Restauração de ecossistemas

O presente estudo identifica potenciais áreas e medidas de gestão para a recuperação das florestas de mangal adjacentes ao Rio Matola, Estuário do Espírito Santo e Rio Maputo. No total, foram estimados 19.3 ha para a expansão assistida (através de três metodologias de plantio), ao longo do Rio Matola. A expansão assistida consiste em replantar mangal em áreas cuja ocorrência histórica não foi confirmada.

A restauração de mangal pode ser realizada em áreas de salinas, caso exista consenso, sendo que na área de estudo foram identificadas cerca de 160 ha de salinas inactivas (não necessariamente abandonadas) e cerca de 237 ha de salinas activas. O Rio Maputo apresenta uma extensa área de mangal perdido. Recomenda-se que a expansão assistida e a restauração, sejam feitas de forma gradual e com acompanhamento técnico-científico de modo a permitir a avaliação do sucesso da intervenção e responder a questões pontuais referentes a adaptação das espécies ao local (eg. tamanho da muda com maior taxa de sobrevivência) e outras particularidades metodológicas.

Contudo, salienta-se que o sucesso da intervenção está fortemente dependente do apoio local e redução das ameaças, nomeadamente corte de mangal, deposição de resíduos sólidos e esgotos, construções ilegais, entre outras. Recomenda-se ainda que as intervenções do projecto, no que se refere à expansão assistida e restauração do

ecossistema, e também de indicadores de mudanças de usos e ameaças, sejam devidamente reportadas de modo a ser possível avaliar o sucesso das acções. Recomenda-se ainda a elaboração de um plano de gestão adaptativo com fases de monitoria de indicadores claros, seguindo as recomendações deste estudo.

Este relatório constitui o segundo produto, de dois entregáveis no âmbito do contrato assinado entre a ICEI e a Fundação Likhulu.

EXECUTIVE SUMMARY

The present study is part of the MangAction program that is being implemented by the consortium WeWorld, Natura, IUCN, ABIODES, AOTUKA and led by the Instituto da Cooperação Económica Internacional (ICEI). This program focuses on the recovery and restoration of coastal habitats (mangrove forests), and the promotion of income-generating activities, including the promotion of sustainable tourism as a way of alleviating pressure on mangroves. Under the auspices of the intervention in the management, recovery and restoration of mangrove forests, ICEI contracted Fundação Likhulu to carry out a study in the Matola River and Espírito Santo Estuary (Maputo Bay), which aimed at: (i) determine the mangrove coverage and changes in coverage (mangrove gains and losses) through the analysis of available satellite images for the period between 2013 and 2023; (ii) identify the main causes responsible for the change in mangrove coverage through interviews and field observations; (iii) evaluate hydrological patterns and flood levels through satellite images and field observations; (iv) assess the ecological conditions of mangrove forests through in situ sampling; and (v) Propose measures for the recovery, conservation and management of existing mangrove forests in the project intervention area and develop restoration strategies.

Mapping and identifying the main causes of change

The mangrove change map was produced using Landsat 8 images, through the Google Earth Engine platform. For the purpose of this study, four classes were defined, namely: stable mangrove, other types of cover, mangrove losses and mangrove gains and the Random Forest classification algorithm was used. The assessment of precision and area estimation followed best international practices, with stratified random sampling being carried out for the four classes of the map. In total, 457 sampling units were used to assess the accuracy of the map. The evaluation of the sampling units was carried out using the Collect Earth tool, which allows the visualization of high and medium resolution images from Google Earth, Bing Maps and Earth Engine Explorer repositories.

In total, the study area covers 68 346.20 hectares (ha). The map produced identified a total of 2 014 ha of stable mangrove, 6.3 ha of mangrove losses and 52.6 ha of

mangrove gains. The overall map accuracy was 96.5%. As a result of the accuracy assessment, it was possible to produce adjusted estimates of the map areas, resulting in an estimated area of 3 528.8 ha ($\pm 1 471.7$) of stable mangrove, 5.6 ha (± 0.4) of mangrove losses and 51.4 ha (± 1.6) of mangrove gains. The estimate of the stable mangrove area (without loss or gain in the last 10 years) is higher than the mapped area due to the occurrence of some events in which stable mangrove areas were classified on the map as other types of cover (i.e. infrastructure, other vegetation such as reed fields or machambas, river). This is due to the fact that the mangroves in this region have a very low tree density, which makes it difficult to detect some mangrove patches through Landsat 8 images. It was not possible to attribute the causes of mangrove loss in the Umbelúzi River (5.8 ha) due to logistical conditions to carry out ground thruthing, and interviews with local communities. At the Tembe River, erosion was identified, through satellite images, as the cause of the loss of mangroves (0.3 ha).

Ecological surveys

The specific composition indicates that *Avicennia marina* was present in all sampling sites, being the only species observed in Malhampsene, Mussumbuluco and Matola A – LÍngamo. The greatest specific diversity (four species) was observed in the Espírito Santo Estuary, with *A. marina* (55.6%) being the most abundant species, followed by *Bruguiera gymnorrhiza* (22.2%), *Ceriops tagal* and *Rhizophora mucronata* (both with 11.1%). Two species were observed in Katembe, *A. marina* (60.0%) and *R. mucronata* (40.0%). The adult trees sampled in the Maputo River were mostly composed of *A. marina* (81.8%) and to a lesser extent, *R. mucronata*.

The density of adult trees varied between 900 and 1 500 trees per hectare. The highest densities were observed in Malhampsene, Mussumbuluco, Rio Maputo, Katembe and the lowest at Matola A – LÍngamo and Espírito Santo Estuary.

The largest trees were observed in the mangrove adjacent to the Maputo River (7.1 \pm 2.6 m in height; 17.1 \pm 13.5 cm in diameter at breast height). In other locations, adult trees were smaller (the average was below 4.2 m in height and 5.3 cm DBH), and dwarf trees were also observed in Mussumbuluco (42.1%), Katembe (37.5%), Matola A–LÍngamo (25.0%) and Mallhampsene (11.7%).

The analysis of the conservation status indicates the existence of mangrove cutting in all sampled locations, with a higher proportion of exploited trees (tree showing cuts and stumps) in the Espírito Santo Estuary, Matola A–Língamo and Malhampsene (between 31.3 and 33.3 %) and lower in Katembe (27.3%) and Rio Maputo (18.2%). However, in the Maputo River it was found that the two *R. mucronata* trees sampled showed cuts. *A. marina* stumps were observed in Katembe (14.3%) and Malhampsene (6.3%).

The Complexity Index of mangrove forests (relates the number of species, density of adult trees, total basal area and average tree height) indicated greater complexity for the Maputo River (10.8), followed by Katembe (3.3) and the Espírito Santo Estuary (0.7). The other areas had lower Complexity Index.

Regarding phenology, the highest proportion of trees with propagules was observed in the Espírito Santo Estuary (45.5%), followed by Katembe (36.4%) and Maputo River (21.4%), and a lower proportion of trees in Matola A–Língamo (10.0%), suggesting a greater probability of natural recovery of these sites. Flowering trees were observed in all places visited (with the exception of Matola A–Língamo), namely Mussumbuluco (37.0%), Espírito Santo Estuary (36.4%), Malhampsene (25.3%), Maputo River (21.4%) and Katembe (9.1%).

The present study also revealed a good natural regeneration capacity at Matola A–Língamo, Maputo River and Mussumbuluco given the presence of seedlings from regeneration classes I and II.

The results of biomass and carbon above- and below ground, based on allometric equations, indicate the existence of considerable stocks of biomass and carbon above- and below ground in the Maputo River, followed by Mussumbuluco and Matola A–Língamo, suggesting good carbon absorption capacity via roots and leaves by mangrove species present in these locations.

The results of laboratory analyzes to determine the soil carbon content suggests the existence of higher percentages of carbon in the depth range of 0–15 cm in Matola A–Língamo (%C = 1.90%), followed by Katembe (%C = 1.40%) and Maputo River (%C =

1.21). The Maputo River “cemetery” (a site with significant presence of dead trees due to undetermined causes) presented slightly higher carbon percentages for the depth intervals of 15–30 cm (%C = 0.91%) and 30–50 cm (%C = 0.88%). The carbon recorded at this location may originate from the decomposition of dead mangrove trees.

Ecosystem restoration

The present study identifies potential areas and management measures for the recovery of mangrove forests adjacent to the Matola River, Espírito Santo Estuary and Maputo River. In total, 19.3 ha were estimated for assisted expansion (through three planting methodologies), along the Matola River. Assisted expansion consists of planting mangroves in areas where historical occurrence has not been confirmed.

Mangrove restoration can be carried out in salt evaporation ponds (aka salinas), if aggraded upon. In the study area around 160 ha of inactive salt evaporation ponds (not necessarily abandoned) and around 237 ha of active ones were identified. The Maputo River has an extensive area of lost mangroves (around 400 ha). It is recommended that assisted expansion and restoration be carried out gradually and accompanied by technical-scientific monitoring in order to allow the evaluation of the success of the intervention and answer specific questions regarding the adaptation of the species to the location (eg. size of the seedling with a higher survival rate) and other methodological particularities.

However, it should be noted that the success of the intervention is strongly dependent on local support and reduction of threats, namely mangrove cutting, disposal of solid waste and sewage, illegal constructions, among others. It is also recommended that the interventions, in terms of assisted expansion and ecosystem restoration as well as indicators of changes in use and threats, are properly reported so that it is possible to evaluate the success of the actions. It is also recommended that an adaptive management plan be drawn up with clear indicator monitoring phases, following the recommendations of this study.

This report constitutes the second product, of two deliverables within the scope of the contract signed between ICEI and Fundação Likhulu.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais são endereçados a todos que, directa ou indirectamente, contribuíram para a realização do trabalho de campo e elaboração do presente relatório, sendo de destacar as seguintes pessoas e instituições:

AICS: Paolo Misté

Ajudantes de campo: Faustino César e Mirchon Adjabi

CCP do Língamo: Fernando Manuel Paz

CCP da Escola de Pesca: Jossefa Lázaro Nhangale

ICEI: Federica Ferrari, Fernanda Machado, Elton Bacalhau, Hermenegilda Alberto, Cândido Timba, Fernando Matsinhe

MIMAIP: Emídio André

SDAE: Joana Manhiça Cumbi

Secretariado do Bairro de Malhampsene: Anselmo António e Justino Paulo Nhangave

Secretariado do Bairro de Mussumbuluco: Alfredo Paulo Cumbana.

UEM: Célia Macamo e Vilma Machava-António.

1. INTRODUÇÃO

As florestas de mangal ocorrem na zona entremarés das costas tropicais e subtropicais, onde a vegetação pode ser arbórea, arbustiva ou baixa, dependendo do clima e das condições ambientais e ecodinâmicas predominantes. A distribuição global, estrutura e funções das florestas de mangal são determinadas por factores climáticos (por exemplo, temperatura da água e regimes de precipitação).

As florestas de mangal desenvolvem-se melhor em regiões onde as chuvas são mais regulares, as temperaturas são altas, a cobertura de nuvens é reduzida e os furacões ou tufões são raros (Giri *et al.*, 2011). Os mangais estão bem adaptados para sobreviver na zona entremarés, considerando a constante variação da salinidade, da inundação e da disponibilidade de nutrientes, que juntos contribuem para a biocomplexidade deste ecossistema, que fornece serviços ecossistémicos e recursos essenciais (Feller *et al.*, 2010).

Moçambique possui a maior extensão de florestas de mangal na região Sudoeste do Oceano Índico, representando cerca de 40% de todas as florestas de mangal existentes na região, e 10% do total de África, com uma cobertura estimada em cerca de 300 000 ha (Erftemeijer *et al.*, 2022). Contudo, as estimativas da área variam de acordo com a fonte, área e metodologia utilizada (InOM, 2023). Estima-se que o país perdeu aproximadamente 16 000 ha de mangal ao longo de 24 anos (1996-2020), especialmente na zona do Banco de Sofala (Erftemeijer *et al.*, 2022). De um modo geral, a perda de mangal em Moçambique resulta do corte para produção de lenha, carvão, extracção de madeira, construção de infra-estruturas, uso medicinal, produção de sal, ecoturismo e aquacultura, entre outros usos; sendo importantes também, os impactos de ciclones e inundações (InOM, 2023).

Em Abril de 2020, foi aprovada, em Moçambique, a Estratégia de Gestão e Uso Sustentável do Mangal cujo o objectivo é melhorar a resposta face à pressão antropogénica e mudanças climáticas sobre os mangais, de modo a mitigar os seus efeitos através da protecção, conservação e gestão sustentável dos mangais em

Moçambique, mantendo a sua função protectora, valores e biodiversidade, bem como de atender o desenvolvimento socio-económico e as necessidades de protecção ambiental em estuários e zonas costeiras.

O presente estudo enquadra-se no programa MangAction que está a ser implementado pelo consórcio We World, Natura, IUCN, ABIODES, AOTUKA e liderado pelo Instituto e Cooperação Económica Internacional (ICEI). O objectivo principal centra-se na restauração de habitats costeiros (com especial ênfase nos mangais) e na promoção de geração de renda pelas comunidades costeiras, incluindo a promoção de turismo sustentável. As intervenções do projecto para a mitigação de potenciais impactos são “Soluções Baseadas na Natureza (NbS)” - acções que visam proteger, gerir de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais que sofreram modificações, beneficiando tanto as pessoas como a natureza. A restauração e conservação dos mangais foram identificadas como sendo as principais formas de intervenção, sendo que a iniciativa também contempla a capacitação das comunidades locais com vista ao engajamento nas actividades de restauração e conservação da biodiversidade para assegurar uma exploração sustentável dos recursos deles derivados.

2. OBJECTIVOS

O estudo teve como objectivo geral identificar os locais apropriados para a implementação de programas de conservação e restauração de mangais no Distrito Municipal da Matola. Foram estabelecidos os seguintes objectivos específicos:

- i) Determinar e mapear a cobertura de mangal nas áreas de estudo, e mudanças ocorridas entre 2013 e 2023;
- ii) Identificar as principais causas responsáveis pela mudança da cobertura dos mangais (naturais ou antropogénicas);
- iii) Avaliar os limites de inundações;
- iv) Avaliar as condições ecológicas das florestas de mangal;
- v) Propor medidas para a recuperação, conservação e gestão de florestas de mangal existentes na área intervenção do projecto e elaboração de estratégias de restauração.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo contemplou as manchas de mangal existentes ao longo do Rio Matola e Estuário do Espírito Santo (Figura 1). Desta forma, pré-determinou-se as visitas de campo aos mangais adjacentes aos bairros da Matola A, Mussubuluco, Malhampsene (área de intervenção do projecto), e no Estuário do Espírito Santo, nomeadamente na Katembe e na área de confluência dos rios Tembe, Matola e Umbelúzi. Apesar de não fazer parte da área de estudo inicial, foi feita uma visita exploratória à floresta de mangal adjacente ao Rio Maputo. Este local foi adicionado à posterior por possuir uma extensa área de mangal degradado (Célia Macamo, comunicação pessoal).

As manchas de mangal seleccionadas para a realização das amostragens nas áreas adjacentes aos bairros da Matola A, Mussumbuluco e Malhampsene, encontram-se circundadas por diversos assentamentos habitacionais. Nestes bairros, também é notória a presença de elevadas espécies de aves icónicas e características dos mangais dentre as quais se destacam: o pica-peixe do mangal, flamingos, a Jacana Africana, o cormorão Africano entre outras.

O Estuário Espírito Santo localiza-se na zona sudoeste da Baía de Maputo. O estuário é estreito entre o porto de Maputo e Katembe, com menos de 1 km de largura, e alarga na zona de confluência dos rios Tembe, Umbelúzi e Matola, para cerca de 4.5 km. Neste estuário desaguam quatro rios, nomeadamente: Tembe, Umbelúzi, Matola e Infulene.

O rio Umbelúzi apresenta o caudal mais elevado sendo que os restantes possuem uma contribuição menor ou negligenciável (Hoguane, 1996). O escoamento médio anual ao longo do Rio Umbelúzi foi de 493 milhões de m³/ano entre 1952-1985 (33 anos; Hoguane, 1999) e de 241 milhões de m³/ano (caudal de aproximadamente 10 m³/s) entre 1981-2010 (30 anos; Fryslân *et al.*, 2014). Contudo, Fryslân *et al.* (2014) reforçam que o escoamento varia substancialmente por ano e mês. A temperatura no estuário varia entre 18° C (época seca) a 30° C (época chuvosa) e a salinidade varia de 10‰ a 34‰, estando dependente da pluviosidade e caudais dos rios. A coluna de água é quase

homogénea em relação à salinidade e temperatura, mas uma estratificação pode ser causada por altas descargas de rios durante a estação chuvosa (Hoguane, 1996).

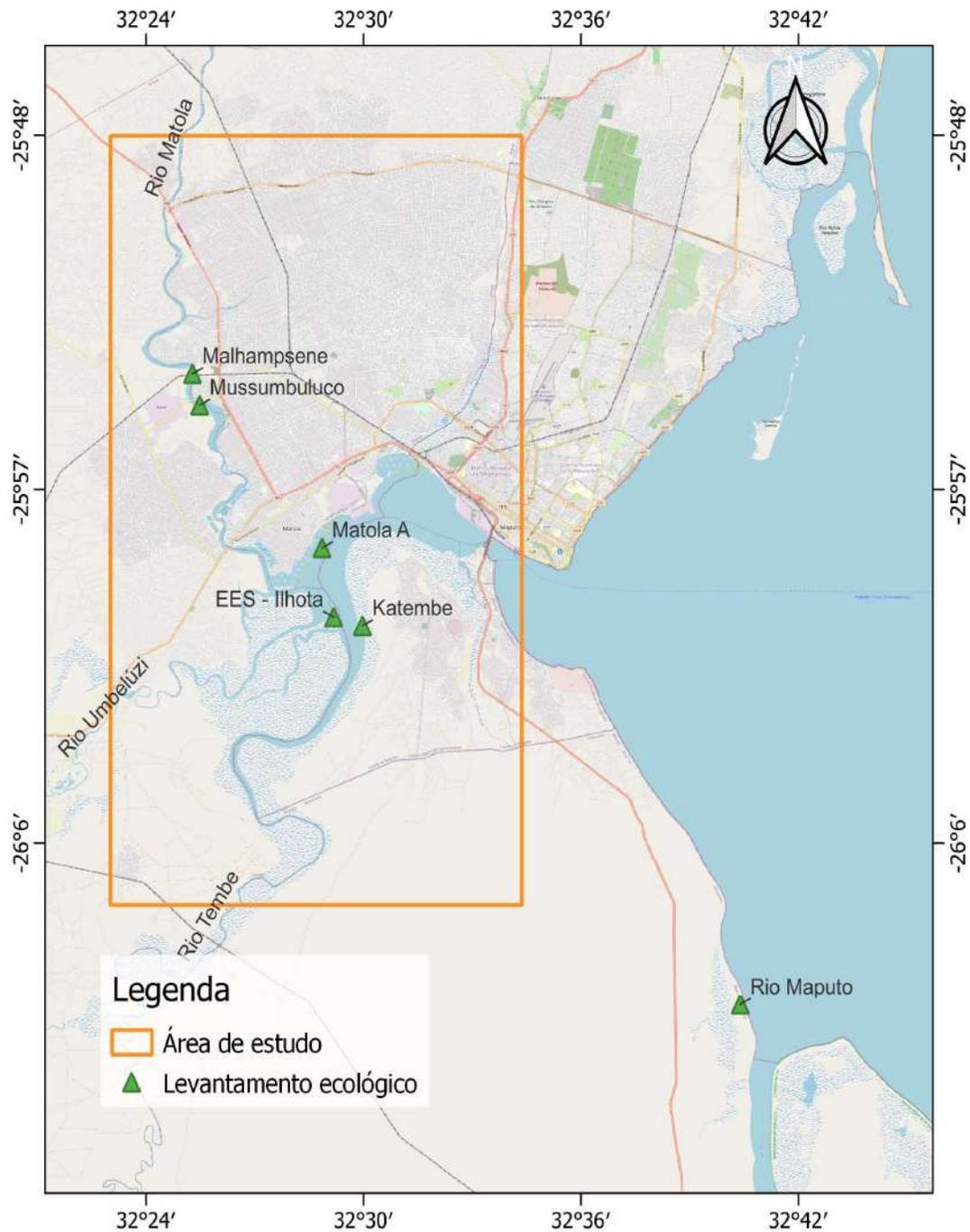


Figura 1. Delimitação (a laranja) da área de estudo adjacente ao rio Matola e Estuário Espírito Santo, e locais de amostragem.

Na área metropolitana de Maputo e Matola, existe uma variada gama de infra-estruturas industriais, que incluem um porto industrial complexo, terminal de transporte de carvão, fábrica de cimentos e estação eléctrica (Hoguane, 1996). A fábrica da Mozal, a antiga refinaria de petróleo e várias salinas são também parte integrante do parque industrial e produtivo da zona. Águas pluviais da cidade de Maputo e resíduos industriais e agrícolas são descarregados directamente nos rios Infulene (Hoguane, 1996) e Matola (Scarlet *et al.*, 2015).

O Rio Matola é um rio perene e caracterizado por possuir maioritariamente água salobra/salgada resultante da infiltração de águas subterrâneas, e perto da foz do rio da incursão superficial da água do mar (Delwar, 2019). Nogueira *et al.* (2019) registou valores altos de condutividade eléctrica (medida da salinidade da água, numa escala de 0 a 50 000 $\mu\text{S/cm}$) para o Rio Matola (14 700 – 17 680 $\mu\text{S/cm}$). A água doce está geralmente entre 0 e 1 500 $\mu\text{S/cm}$ e a água do mar típica tem um valor de condutividade de cerca de 50 000 $\mu\text{S/cm}$.

Existem alguns estudos sobre o mangal no Estuário do Espírito Santo (eg. de Boer, 2002; Amade, 2008; Machava-António *et al.*, 2022), poucos para o Rio Maputo (eg. de Boer, 2002; Machava-António *et al.*, 2022), mas não foram encontrados estudos específicos para o mangal adjacente ao Rio Matola.

Segundo de Boer (2002), a área de mangal no Estuário do Espírito Santo era de 1 228 ha em 1958 e 895 ha em 1991, correspondente a uma redução de 27%. Neste estudo, e na mesma escala temporal, a análise dos mangais do Rio Maputo foram feitas em duas secções: Bela Vista (margem ocidental do rio) e Reserva Especial de Maputo (actualmente Parque Nacional do Maputo; margem oriental do rio). A redução de mangal na Bela Vista foi de 8% (761 ha para 700 ha), mas na Reserva Especial de Maputo foi observado um ganho de 10% (2 513 ha para 2 761 ha).

4. METODOLOGIA

4.1. Produção do Mapa de Mudança de Mangal

4.1.1. *Seleção de imagens*

As imagens foram extraídas do arquivo Landsat-8 para o período entre 1 de Janeiro a 1 de Maio para cada um dos anos de referência (2013) e actual (2023). As imagens que tivessem uma alta cobertura de nuvens (>70%) foram removidas. Para que a monitoria seja possível, deve haver um mínimo de uma observação sem nuvens para cada pixel na área de estudo a cada ano, o que, em alguns casos, pode exigir que o período de busca seja estendido para o início da estação chuvosa (ou seja, Novembro a Dezembro) ou início da estação seca (ou seja, Maio a Junho), conforme necessário.

4.1.2. *Pré-processamento de imagens*

Foram usadas imagens do nível 2A (reflectância da superfície), dada a sua consistência radiométrica e máscara de nuvens melhorada. A nuvem e a sombra da nuvem são mascaradas em cada imagem, com base em bandas de controlo de qualidade distribuídas com imagens Sentinel-2 e uma máscara adicional baseada em limite simples para capturar a cobertura de nuvens residuais.

4.1.3. *Geração de atributos das imagens*

Os agrupamentos de imagens para os anos referência e actuais são reduzidas a uma série de métricas (ou atributos) que descrevem o estado e a variabilidade temporal da cobertura vegetal em cada ano e destacam as diferenças entre os anos. Estes atributos das imagens são formulados para serem robustos às variações interanuais.

4.1.4. *Produção de dados de treinamento*

Para satisfazer o requisito de uma classificação de elevada precisão numa região com tipos de vegetação heterogéneos sujeitos a variações inter e intraanuais substanciais, foram colhidos dados de treino para cada uma das quatro classes. O classificador para mudança de cobertura florestal é calibrado usando locais identificados pelo operador de mangal estável, outros tipos de cobertura de terra, perdas de mangal e ganhos de mangal. As quatro classes de dados de treinamento são definidas na Tabela 1.

Tabela 1. Definições de classe de dados de treinamento.

Classe	Definição
Mangal estável	Áreas com cobertura de mangal no ano de referência que não apresenta perdas no período actual
Outros tipos de cobertura	Áreas com cobertura de outros tipos de uso e cobertura de terra (água, cultivo, infra-estruturas urbanas, etc.)
Perdas de mangal	Áreas que registaram perdas de cobertura de mangal no período actual em relação ao período de referência
Ganhos de mangal	Áreas que registaram ganhos de cobertura de mangal no período actual em relação ao período de referência

4.1.5. Classificação

Os conjuntos de atributos das imagens foram combinados com regiões de treinamento para construir um classificador para mapear o desmatamento. O classificador utilizado é o Random Forest, uma abordagem de Machine learning amplamente utilizada, devido às seguintes vantagens para sua aplicação em sensoriamento remoto (Breiman, 2001):

- A sua precisão é boa e às vezes melhor do que outros métodos de classificação.
- É relativamente robusto para outliers, bem como ruído da imagem.
- Pode lidar com um grande número de variáveis de entrada e fornece estimativas internas úteis de quais variáveis são importantes na classificação.
- Sua complexidade computacional é mais rápida, leve e fácil em comparação com outros métodos de classificação.

Os pixels de treinamento para o classificador são obtidos a partir de pixels extraídos de cada uma das classes de treinamento de mangal estável, outros tipos de cobertura de terra, perdas de mangal e ganhos de mangal. Após a classificação automática, foi feita uma medição manual para remover erros óbvios na classificação. Esta etapa foi realizada com antecedência e independentemente da estimativa de área estratificada. As etapas de processamento acima resultaram numa imagem otimizada para a estimativa de área estratificada.

4.2. Avaliação de Precisão e Estimativa de Áreas

Para a avaliação de precisão e estimativa de áreas decidiu-se por uma abordagem baseada no pixel. O processo de avaliação de precisão e estimativa de áreas foi feito utilizando a ferramenta Stratified Area Estimator disponíveis na plataforma online SEPAL (System for earth observations, data access, processing & analysis for land monitoring -

<https://sepal.io/>). Estas ferramentas utilizam como base a metodologia de boas práticas para a estimativa de área e avaliação de precisão de mudança de terra (Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change) definida por Olofsson *et al.* (2014).

4.2.1. Desenho amostral

A amostragem para avaliação de precisão e estimativas de áreas no mapa foi a amostragem aleatória estratificada por ser a mais recomendada para mapas de cobertura floresta (Olofsson *et al.* 2014). O tamanho da amostra foi determinado com base na Equação 1 (Cochran, 2007), que permite o cálculo do tamanho adequado da amostra para uma amostragem aleatória estratificada que pode depois ser distribuída pelos diferentes estratos. N é o número de unidades na área de interesse (número de pixéis), $S(\hat{O})$ é o erro padrão da precisão geral estimada que se pretende atingir, W_i é a proporção da área do mapa da classe i , e S_i é o desvio padrão do estrato i .

$$n = \frac{(\sum W_i S_i)^2}{[S(\hat{O})]^2 + \left(\frac{1}{N}\right) \sum W_i S_i^2} \approx \left(\frac{\sum W_i S_i}{S(\hat{O})}\right)^2 \quad (1)$$

O erro padrão da precisão geral estimada que se pretende atingir foi definido em 0.01, tendo resultado num número ideal de 475 unidades amostrais. A alocação das unidades amostrais pelos diferentes estratos seguiu uma ordem proporcional ao erro, mas com um mínimo de 100 amostras por estrato (Tabela 2). Isto foi feito de forma a garantir que houvesse um número suficiente de amostras para os estratos mais raros. No entanto, não foi possível atingir as 100 amostras para as classes de perdas e ganhos de mangal, devido à reduzida área atribuída a estas classes. Como resultado, o número final de unidades amostrais de validação do mapa foi de 457.

Tabela 2. Número de unidades amostrais de referência por classes do mapa.

Classes	Número de unidades amostrais
Mangal estável	100
Perdas de mangal	89
Ganhos de mangal	93
Outros tipos de cobertura	175
Total	457

4.2.2. Desenho de resposta

A avaliação das amostras de validação baseou-se na visualização de imagens de alta e média resolução dos repositórios do *Google Earth*, *Bing Maps*, *Earth Engine Explorer* e *Code Editor*. Estas imagens com os formulários elaborados para registar a informação sobre o uso da terra e mudança do uso da terra em cada ponto da grelha, são automaticamente acessíveis através da ferramenta *Collect Earth*, que está sincronizada com *Earth Engine Code Editor* que facilita a interpretação do tipo de vegetação e determinação do uso da terra e mudança do uso da terra.

4.2.3. Desenho de análise

A base para a comparação dos dados do mapa e de referência, para geração de estimativas de precisão e área foi a matriz de erro (Tabela 3). A matriz de erro é uma tabela que resume a concordância da classificação das unidades de validação do mapa contra os dados de referência. A diagonal da matriz de erro contém os pontos correctamente classificados, enquanto os valores nas outras células indicam erros de comissão ou omissão (Olofsson *et al.* 2014). Erros de comissão correspondem à proporção de casos em que as unidades de avaliação da classe 1 foram classificadas como sendo de outra classe pelos dados de referência. Erros de omissão correspondem à proporção de casos em que os dados de referência da classe 1 correspondem a outras classes no mapa.

O número de unidades de validação para cada uma das combinações de dados do mapa e de referência, n_{ij} podem ser convertidos em estimativas de proporção de área \hat{p}_{ij} (Tabela 3) com a Equação 2. Onde W_i é a proporção da área do mapa da classe i .

$$\hat{p}_{ij} = W_i \frac{n_{ij}}{n_i} \quad (2)$$

Tabela 3. Matriz de erro de um mapa com 3 classes. Os valores das células (p_{ij}) representam a proporção da área. Os valores em negrito (p_{11} , p_{22} , p_{33}) nas diagonais indicam a proporção de elementos correctamente classificados para cada classe.

		Referência			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Total
Mapa	Classe 1	p_{11}	p_{12}	p_{13}	$p_{1.}$
	Classe 2	p_{21}	p_{22}	p_{23}	$p_{2.}$
	Classe 3	p_{31}	p_{32}	p_{33}	$p_{3.}$
	Total	$p_{.1}$	$p_{.2}$	$p_{.3}$	1

4.2.4. Estimativas de precisão

As estimativas de exactidão são calculadas a partir da matriz de erro, e incluem a exactidão geral, exactidão do utilizador e exactidão do produtor. A exactidão geral é a proporção da área correctamente classificada (Equação 3). A exactidão do utilizador é a proporção de área da classe i do mapa que também está na classe i dos dados de referência (Equação 4). Esta medida indica a probabilidade de que uma área específica da classe i no mapa corresponde à mesma classe na realidade. A exactidão do produtor é a proporção da área que está na classe de referência j e que também pertence a essa classe no mapa (Equação 5). Esta medida indica a probabilidade de uma classe j na realidade estar mapeada como essa classe no mapa.

$$A = \sum_{j=1}^q p_{ij} \quad (3)$$

$$U_i = p_{ii} / p_{i.} \quad (4)$$

$$P_j = p_{.j} / p_{.j} \quad (5)$$

Para as três medidas de exactidão devem ser calculados intervalos de confiança. A fórmula para o cálculo da variância está apresentada em (Olofsson *et al.*, 2014), sendo que o intervalo de confiança de 95% é calculado multiplicando a raiz quadrada da variância por 1.96.

4.2.5. Estimativa da área

Uma das maiores vantagens da produção de mapas é a cobertura total (*wall-to-wall*) da área de interesse. No entanto, qualquer mapa tem erros, causados por diversos motivos. A atribuição de uma classe discreta a algo tão variável como a cobertura de copa significa que haverá sempre confusão nas transições entre as categorias. Os erros também podem resultar dos classificadores automáticos, devido à semelhança espectral entre classes, ou devido a interpretação durante a classificação manual. Por essas razões, as áreas obtidas através da contagem dos pixels do mapa podem ser muito enviesadas, aumentando a distribuição de uma classe em detrimento de outra. A avaliação de exactidão identifica os erros da classificação e dessa forma os dados da avaliação de

referência podem ser utilizados para estimar a exactidão e a área, bem como a incerteza destas estimativas.

Os dados de referência são utilizados para ajustar as áreas obtidas directamente do mapa. É recomendado que a estimativa deva ser baseada na proporção da área derivada dos dados de referência, pois estes têm maior precisão e menor viés. Adaptando a explicação apresentada em Olofsson *et al.* (2014), para a estimativa da proporção de área da classe k , a linha e coluna dos totais da Tabela 7 correspondem aos somatórios dos valores p_{ij} para cada linha e coluna. Assim, o total da linha $p_{k.}$ representa a proporção da área mapeada como classe k e o total da coluna $p_{.k}$ representa a proporção de área da classe k determinada a partir dos dados de referência, sendo pouco provável que estes parâmetros sejam idênticos. Como o parâmetro $p_{k.}$ é derivado do mapa, o seu valor é conhecido. Mas como os dados de referência são uma amostra, o valor real de $p_{k.}$ tem que ser estimado a partir da amostra. Esta estimativa de $p_{k.}$ gera incerteza devido à variabilidade da amostragem, enquanto $p_{.k}$ não tem esta incerteza. No entanto, é muito provável que o parâmetro $p_{k.}$ sofra de viés, devido ao erro de classificação do mapa. Por outro lado, $p_{.k}$ é determinado a partir dos dados de referência, que se assume que não estejam enviesados, e que correspondam à realidade no terreno. Tendo em conta que as boas práticas internacionais de reporte indicam que as estimativas não devem ser enviesadas, a recomendação é que a estimativa de área seja baseada em $p_{.k}$ a proporção da área derivada da classificação de referência (Olofsson *et al.*, 2014).

CAIXA 1. RECOMENDAÇÃO REFERENTE À METODOLOGIA

Recomenda-se que para uma estimativa mais precisa da área do mangal, se utilize no futuro imagens de Sentinel-2, que por terem uma resolução espacial de 10 metros, facilitarão a detecção de pequenas manchas de mangal. Para este estudo, por se ter como objecto de interesse o mapeamento das mudanças no mangal ocorridas no período de 2013 a 2023, foi necessário utilizar imagens de Landsat 8.

4.3. Identificação das Principais Causas de Mudança e Potenciais Ameaças

A identificação das causas de mudança (natural ou antropogénica) deve ser feita através de visitas de campo aos locais de aumento e perda de cobertura de mangal. A amostragem por conveniência permite alcançar as principais áreas que tenham sido mapeadas como ganhos ou perdas de mangal entre 2013 e 2023. Desta forma, para identificar as causas foi feita uma pré-avaliação com base em imagens de alta resolução

(disponíveis através do Google Earth). De seguida, foram feitas nove entrevistas (de acordo com a disponibilidade e interesse dos entrevistados) a representantes de grupos focais da área (pescadores, autoridades e membros das comunidades locais), para determinar o motivo que terá levado à mudança. A identificação e mobilização dos grupos focais a entrevistar foi feita em colaboração com o pessoal do ICEI. A informação dos inquéritos foi processada para gerar dados qualitativos e quantitativos das causas das mudanças na área do projecto. O guião usado para orientar as entrevistas é apresentado no Anexo 1.

4.4. Avaliação dos Limites de Inundação

Os limites de inundação foram determinados com base na selecção de imagens satélite disponíveis no Google Earth, a amplitude das marés disponível na tabela de marés para o Porto Maputo (<https://tides4fishing.com/mz/mozambique/maputo>), e observações de campo nas manchas de mangal adjacentes ao Rio Matola e no Estuário Espírito Santo, visando identificar os potenciais locais a restaurar (e determinar a necessidade de abertura de canais). Adicionalmente foi feita a identificação e avaliação de alterações físicas no ambiente das manchas de mangal que impedem a sucessão secundária natural (eg. identificação de obstáculos como salinas).

As marés na Baía de Maputo são semidiurnas (duas marés vivas e duas marés mortas no mesmo dia) e possuem variações periódicas de 7-8 dias que correspondem à maré viva e maré morta. Contudo, devido à indisponibilidade da hora da imagem satélite (que varia de acordo com o local) a interpretação dos limites de inundação deve ser feita com cautela, sendo que as imagens seleccionadas servem de aproximação dos cenários (a) maré viva vazia, b) maré morta vazia, c) maré morta cheia, e d) maré viva cheia. Note-se que a metodologia aplicada não permite determinar a duração da inundação por área, nem do efeito da inundação na variação de salinidade no substrato das florestas de mangal.

4.5. Avaliação das Condições Ecológicas da Floresta de Mangal

O levantamento ecológico foi efectuado em seis locais: Matola A-Língamo, Malhampsene, Mussumbuluco, Katembe, Estuário do Espírito Santo e Rio Maputo entre

20 de Setembro e 9 de Outubro de 2023 (Anexo 2). Os Anexos 4 e 5 apresentam as fichas usados no campo para colecta de informação.

Em cada local de amostragem foi estabelecido um transecto de cerca de 100 metros de comprimento em linha recta traçado perpendicularmente em relação ao rio ou canais existentes em cada local com o auxílio de uma fita métrica. A reduzida extensão dos mangais existentes nas áreas de amostragem obrigou ao estabelecimento de um número máximo de quatro quadrículas em cada local de amostragem. Esta metodologia tem sido padronizada e replicada em vários locais e foi descrita por CARICOMP (2001), Sousa Santos *et al.* (2016), Tang *et al.* (2015) e Bandeira *et al.* (2009).

Em cada transecto foram estabelecidas quatro quadrículas de 25 m² (5 m x 5 m). O estabelecimento das quadrículas teve em consideração as características identificadas durante a fase de mapeamento (e.g. extensão das manchas de mangal, ganhos e/ou perda na cobertura de mangal, acesso, entre outros). A primeira quadrícula foi estabelecida a uma distância mínima que variou entre 10 a 15 metros do limite costeiro da floresta de mangal de forma a evitar o efeito de borda e em situações em que se registou variação na composição específica nos locais de amostragem. O espaçamento das quadrículas variou entre 20 e 50 metros de acordo com a variação da composição específica da comunidade vegetal existente em cada local de amostragem. Dentro das quadrículas (25 m²), foram amostradas as árvores adultas (árvores com diâmetro à altura do peito superior a 2.5cm e altura superior a 300 cm), anãs (diâmetro à altura do peito acima de 2.5 cm e altura até 300 cm) e as árvores pequenas. As plantas em regeneração foram amostradas em três sub-quadrículas de 0.25 m² (0.5 m x 0.5 m). O Anexo 6, mostra a localização das quadrículas em cada local amostrado.

4.5.1. *Árvores adultas e anãs*

Os indicadores ecológicos referentes à componente vegetal incluíram: composição específica/frequência relativa (identificação de espécies), medição de parâmetros biométricos (medição da circunferência à altura do peito – CAP – com o auxílio de fitas métricas graduadas em centímetros; e da altura das árvores (adultas) com recurso a um medidor a laser – Bosch Rangefinder, GLM 30); composição morfológica das árvores (Classe 1: estacas direitas que podem ser usadas para construção sem modificações;

Classe 2: estacas que podem ser utilizadas em construção após modificações; Classe 3: estacas que não podem ser utilizadas para a construção); e fenologia das árvores (dormiente/fruto/floração/propágulos).

A avaliação dos níveis de corte foi efectuada obedecendo a seguinte escala adoptada por CARICOMP (2001), Feler & Sitink (2002) e Pereira *et al.* (2023):

- Nível 1: Intacta. Árvore que não apresenta sinal de dano/lesão;
- Nível 2: Parcialmente/semi-degradada. Árvore que apresenta uma parte degradada, mas parte do seu caule/tronco em bom estado;
- Nível 3: Árvore severamente cortada/degradada. Árvore que apresenta sinais acentuados de corte no caule principal ou em quase todos os ramos;
- Nível 4: Cepo. Árvore severamente cortada na base do caule principal;
- Nível 5: Morte natural. Árvore seca, cuja degradação não é identificada; e,
- Nível 6: Seca no topo. Árvore que apresenta sinais de degradação acentuados mas que ainda possui ramos intactos, não podendo ser classificada como morte natural.

4.5.2. *Plantas jovens e mudas*

O levantamento dos indicadores e mudas foi efectuada em três sub-quadrículas de 0.25m² (0.5 m x 0.5m) estabelecidas aleatoriamente, onde foram anotados: o número de mudas, identificação das espécies, e altura para a determinação da classe de regeneração (CR1: Mudas com altura <40 cm; e CR2: Mudas com altura entre 40 - 150 cm). A contagem e medição de árvores pequenas (CR3: Altura entre 150 - 300 cm) foi feita na quadrícula de 25 m².

4.5.3. *Caracterização estrutural da floresta*

A caracterização estrutural da floresta foi realizada com base nas seguintes fórmulas:

Diâmetro à altura do peito (DAP):

$$DAP = CAP / \pi$$

onde: CAP = circunferência à altura do peito

Densidade absoluta de uma espécie

$$(N / ha) = N / 25 \times 10\,000 \text{ m}^2 / n \times 100 \text{ m}^2;$$

onde: N = número total de indivíduos da espécie; n = número de lotes:

Densidade total de todas as espécies

$$(N_{\text{total}} / \text{ha}) = \text{soma de todas as densidades de espécies};$$

Densidade relativa de uma espécie

$$(\%) = \text{número de indivíduos de uma espécie} / \text{número total de árvores} \times 100;$$

Frequência absoluta de uma espécie

$$F_a = \text{número de quadrículas onde ocorre uma espécie} / \text{número total de quadrículas};$$

Frequência relativa de uma espécie

$$F_r = \text{frequência absoluta de uma espécie} / \text{soma das frequências absolutas de todas as espécies nesse local};$$

Área basal (espécie) (m^2):

$$\text{Área basal} = \pi(\text{DAP}/2)^2 \text{ (Mugi } et al., 2022);$$

Área basal total (m^2/ha)

$$\text{Área basal total} = \text{soma de todas as espécies área basal} / \text{área do lote em } \text{m}^2 \times 10000 \text{ m}^2;$$

Dominância relativa (%)

$$D_r (\%) = \text{área basal total de uma espécie} / \text{área basal de todas as espécies} \times 100;$$

Valor de importância de uma espécie

$$(IV) = \text{densidade relativa} + \text{dominância relativa} + \text{frequência relativa};$$

Índice de Complexidade

$$IC = (\text{número de espécies} \times \text{densidade de suporte} \times \text{área basal} \times \text{altura}) / 10^5$$

4.5.4. Determinação da biomassa e carbono

A metodologia descrita por Stringer *et al.* (2015) foi aplicada para determinar a quantificação de carbono, seguindo as seguintes equações gerais de Komiyama *et al.* (2005, 2008):

$$(1) \text{ Biomassa acima do solo} = 0.251 \rho D^{2.46} \text{ (DAP máximo 45 cm)}$$

$$(2) \text{ Biomassa abaixo do solo} = 0.199 \rho^{0.899} D^{2.22} \text{ (DAP máximo 45 cm)}$$

onde: ρ representa a densidade da madeira (g cm^{-3}) e D representa o DAP (cm).

As equações gerais foram selecionadas uma vez que equações alométricas específicas de espécies locais ou regionais não foram desenvolvidas. A densidade da madeira varia de acordo com a espécie de árvore, condições de crescimento e parte da árvore medida. O caule principal tem geralmente uma densidade de madeira mais elevada do que os

ramos, enquanto o crescimento rápido está geralmente relacionado com uma densidade de madeira relativamente baixa.

Para o cálculo da biomassa optou-se pela utilização das densidades das madeiras das diversas espécies de mangal que ocorrem anível mundial (Tabela 4) para as árvores vivas (intactas, cortadas e secas no topo) que foram estimadas para todas as espécies de mangal presentes na região. Os cepos foram excluídos.

Tabela 4. Exemplos de densidade da madeira das espécies de mangal mais comuns na região do Oceano Índico, incluindo Moçambique (adaptado de Kauffman & Donatto, 2012, Tang *et al.*, 2015).

Espécie	Densidade da madeira (g.cm ⁻³)
<i>Avicennia marina</i>	0.670
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	0.741
<i>Ceriops tagal</i>	0.880
<i>Heritiera littoralis</i>	0.430
<i>Rhizophora mucronata</i>	0.790
<i>Sonneratia alba</i>	0.078
<i>Xylocarpus granatum</i>	0.700

As árvores anãs foram excluídas da estimativa, pois as equações acima descritas não são aplicáveis. Trettin *et al.* (2015), recomendam o desenvolvimento de equações alométricas específicas para as árvores anãs, o que não será possível durante a realização deste estudo. Por outro lado, as árvores anãs devem compor uma menor proporção de carbono de mangal em Moçambique, uma vez que elas estão muitas vezes restritas à margem terrestre do mangal, ou se estendem por extensões menores.

Para se obter o conteúdo de carbono da biomassa viva, multiplicou-se a biomassa em kg (obtida das equações alométricas) pelo factor de conversão de carbono. O factor de conversão usado foi de 0.5 (Stringer *et al.*, 2015). Este procedimento foi feito para todas as árvores de cada quadrícula, obtendo-se depois, pela soma, a quantidade de carbono total por quadrícula.

$$\text{Carbono por cada planta (kg C)} = \text{biomassa da árvore (kg)} * \text{factor de conversão}$$

Este procedimento foi feito para todas as árvores medidas na área de amostragem, obtendo-se depois, pela soma, a quantidade de carbono total por hectare.

4.5.5. Regeneração

O levantamento das mudas foi efectuado em três sub-quadrículas de tamanho 0.5 m x 0.5 m estabelecidas aleatoriamente, onde foram anotados: o número de mudas, identificação das espécies, altura para a determinação da classe de regeneração (CR1: Mudanças com altura <40 cm; e CR2: Mudanças com altura entre 40 - 150 cm). A contagem e medição de árvores pequenas (CR3: Altura entre 150 - 300 cm), foi feita na quadrícula de 25 m².

4.5.6. Determinação do carbono orgânico do solo

No total foram colectadas 96 amostras de solo, através do uso de um tubo cilíndrico de substrato móvel de 1.0 m de comprimento. O tubo apresentava uma escala para a separação de quatro níveis de profundidade, nomeadamente: 0-15 cm, 15-30 cm, 30-50 cm e 50-100 cm. Na Matola A-Língamo, não foi possível colectar amostras mais profundas, devido à presença de rochas. As fracções das amostras foram armazenadas em sacos etiquetados e enviadas para o laboratório para processamento. O Laboratório de Solos, Plantas e Água do IIAM procedeu às análises do teor de carbono do solo.

CAIXA 2. EXPANSÃO ASSISTIDA, RESTAURAÇÃO E REABILITAÇÃO

Expansão assistida – replantio de mangal em áreas cuja existência de mangais no passado não foi comprovada. A intervenção deve ser feita de forma a expandir a actual área de mangal através da conversão de pequenas áreas lodosas. Ao longo do Rio Matola foram observadas várias áreas pequenas de ganho de mangal o que sugere que as condições físicas ambientais são favoráveis ao crescimento de mangal (à excepção das áreas que não são inundadas). O principal objectivo é acelerar o crescimento de mangal de modo a melhorar a barreira costeira, tornar a área mais resiliente à subida do nível do mar, entre outras. Contudo, tal como descrito em Erfteimeijer & Lewis (2000) a colonização de mudas nestas áreas deve ser continuamente avaliada de modo a determinar a influência da deposição de sedimentos (por exemplo, mudas ficarem enterradas), predação natural (eg. caranguejos) e infestação por determinados organismos que podem danificar as mudas. Ainda, a importância ecológica dos bancos lodosos deve ser avaliada. Estes locais podem ser importantes áreas de alimentação para a avifauna. Os recursos intertidais (eg. ameijoas) também podem contribuir como fonte de alimento para a população humana.

Restauração – replantio de mangal em áreas que possuíam mangal no passado. As espécies seleccionadas para o replantio devem ser determinadas com base na composição específica da área circundante, ou de estudos ecológicos existentes para o período anterior à degradação. Esta intervenção pode ser feita em áreas que foram degradadas por exemplo, para o estabelecimento de salinas e tanques de aquacultura. Pode também ser realizada em áreas que foram alvo de corte intensivo ou degradada por causas naturais pontuais (exemplo granizo).

Reabilitação – replantio de mangal em áreas que possuíam mangal no passado, sem ter em consideração a composição específica existente antes da degradação.

5. RESULTADOS

5.1. Mapa de Mudança de Mangal (2013-2023)

O mapa de mudanças de mangal da área de estudo (68 346.20 ha), que inclui o Estuário do Espírito Santo e rios que nele desaguam, nomeadamente: Rio Matola, Rio Tembe e Rio Umbelúzi (Figura 2), evidencia a perda de pequenas áreas de mangal (6.3 ha), tendo os ganhos (52.6 ha) sido em maior extensão (Tabela 5; Figura 2). A área total mapeada de mangal estável foi de 2 014.0 ha. Representação gráfica com mais detalhe pode ser vista no Anexo 8. A área total mapeada de mangal aumentou de 2 020.3 ha para 2 066.6 ha (+2.29%) entre 2013 e 2023.

Tabela 5. Áreas do mapa de mudança de mangal no Rio Matola (2013-2023).

Classe	Área do mapa (ha)
Mangal estável	2 014.0
Outros tipos de cobertura	66 273.3
Perdas de mangal	6.3
Ganhos de mangal	52.6
Área total do estudo	68 346.20

5.2. Avaliação de Precisão

Para a avaliação de precisão do mapa de mudança de mangal foram utilizadas 457 unidades amostrais, com 100 para a classe de *mangal estável*, 175 para a classe de *outros tipos de cobertura*, 89 para a classe de *perdas de mangal* e 93 para a classe de *ganhos de mangal* (Tabela 6). A precisão geral do mapa foi de 96.5%.

Tabela 6. Matriz de erro mostrando a correspondência entre a classificação do mapa e dos dados de referência.

Classe do mapa	Classes de Referência				
	1	2	3	4	Total
Mangal estável (1)	100	0	0	0	100
Outros tipos de cobertura (2)	4	171	0	0	175
Perdas de mangal (3)	0	10	79	0	89
Ganhos de mangal (4)	0	2	0	91	93
Total	104	183	79	91	457

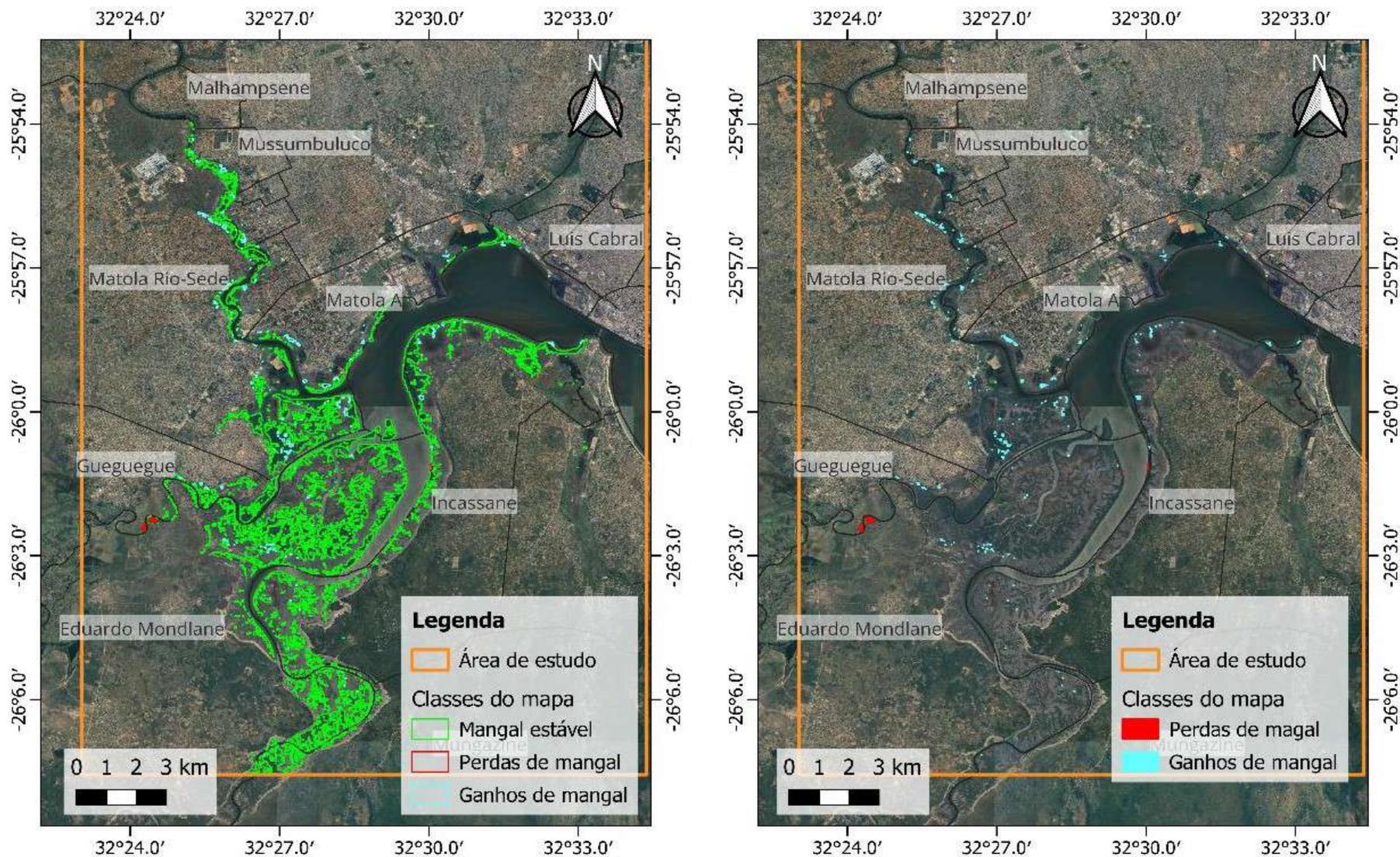


Figura 2a. Mapa de mudanças de mangal adjacente ao Rio Matola e Estuário Espírito Santo entre 2013 e 2023. b. Destaque para as áreas de perda e ganhos de mangal.

Um dos tipos de erro detectado foi o de áreas que no mapa foram classificadas de *outros tipos de cobertura*, mas que na avaliação se verificou serem de *mangal estável*. Devido a este erro, a precisão do produtor para a classe de *mangal estável* foi de 57% (Tabela 7). Devido à elevada extensão da classe de *outros tipos de cobertura*, apesar de apenas 4% das unidades amostrais desta classe terem tido este erro, a precisão do produtor da classe de *mangal estável* baixou substancialmente.

Tabela 7. Estimativas de precisão do utilizador e produtor.

Classe	Precisão do produtor	Precisão do utilizador
Mangal estável	57%	100%
Outros tipos de cobertura	100%	98%
Perdas de mangal	100%	89%
Ganhos de mangal	100%	98%

Este tipo de erro deveu-se ao facto de que algumas das áreas de mangal serem muito estreitas, ou com mangal muito esparsos, o que levou à classificação das mesmas como não mangal (Figura 3a). Como resultado, a área ajustada do mangal foi consideravelmente maior do que a área do mapa. O outro erro detectado foi de áreas que estavam classificadas como *perdas ou ganhos de mangal*, mas que na avaliação se verificou serem *outros tipos de cobertura* (Figura 3b). Devido a estes erros, a precisão do utilizador para as classes de *Outros tipos de cobertura*, *Perdas de mangal* e *Ganhos de mangal* foi de 98%, 89% e 98%, respectivamente. Estes casos ocorreram adjacentes a polígonos de mudança real e têm um impacto muito pequeno na estimativa final destas classes, resultando numa área ajustada para estas duas classes de mudança ligeiramente abaixo da área do mapa.

5.3. Áreas Ajustadas do Mapa

Como resultado da avaliação de precisão, foi possível obter uma estimativa de áreas ajustadas para as quatro classes do mapa (Tabela 8). A classe de *mangal estável* teve uma área ajustada de 3 528.8 ha, com um intervalo de confiança de $\pm 1 471.7$ ha. Isto demonstra que há uma elevada incerteza quanto à área exacta de mangal na área de estudo. Sendo assim, a área de mangal aumentou de 3 533.6 ha para 3 579.4 ha (+1.30%) entre 2013 e 2023.

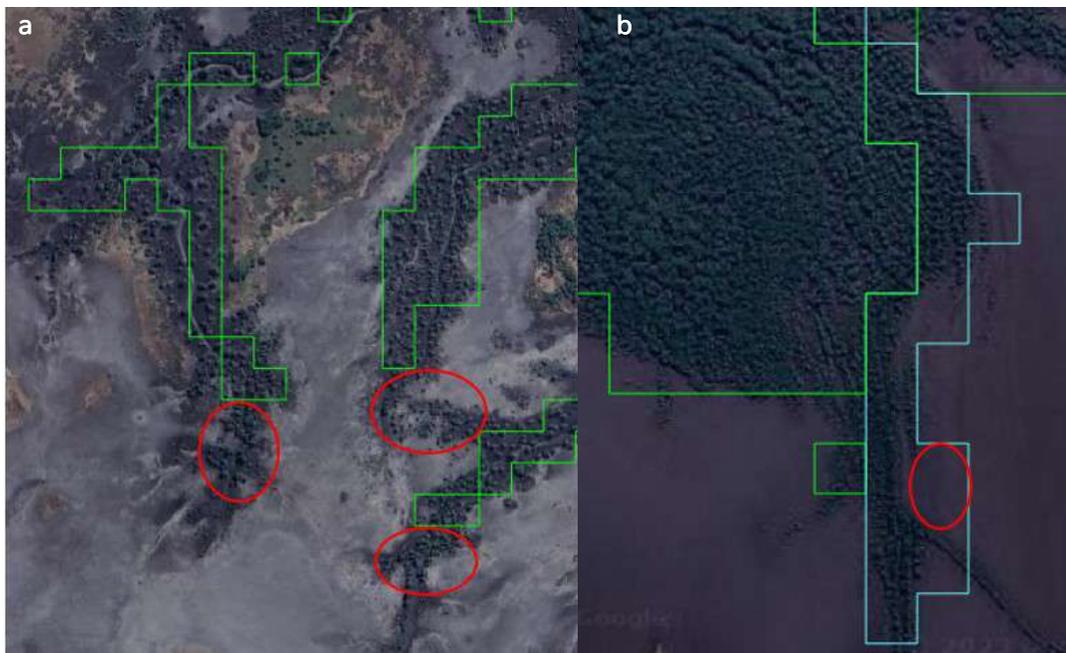


Figura 3a. Exemplo do mapa (extensão mapeada de mangal a verde) em que algumas áreas de mangal (realçadas a vermelho) não foram classificadas como mangal. **b.** Exemplo do mapa (extensão mapeada de mangal a verde, ganhos a azul-claro) em que algumas áreas mapeadas como ganho, não foram na realidade ganhos (realçada a vermelho).

Tabela 8. Estimativa de área para cada classe, ajustada com base na avaliação de precisão.

Classe	Área do mapa (ha)	Área ajustada (ha)	Intervalo de confiança	Erro (%)
Mangal estável	2 014.0	3 528.8	$\pm 1 471.7$	41.7%
Outros tipos de cobertura	66 273.3	64 760.3	$\pm 1 471.7$	2.3%
Perdas de mangal	6.3	5.6	± 0.4	7.4%
Ganhos de mangal	52.6	51.4	± 1.6	3.0%

Conforme foi explicado acima, o mangal desta região tem uma variação muito grande de densidade. Em alguns locais ele ocorre em manchas muito estreitas, que estão abaixo da resolução espacial do pixel de Landsat 8 (30 metros). Noutros locais, o mangal ocorre numa densidade muito baixa, o que também torna difícil a detecção. A área de *outros tipos de cobertura* cobriu a maior extensão da área de estudo, com uma área ajustada de 64 760.3 ha, e um intervalo de confiança de $\pm 1 471.7$ ha. Esta classe sofreu um ajuste em baixa, devido à detecção de algumas florestas de mangal estável na mesma, conforme foi explicado no parágrafo acima.

A área ajustada de *perdas de mangal* foi de 5.6 ha, com um intervalo de confiança de ± 0.4 ha. Sendo assim, as perdas anuais de mangal no período em análise foram de 0.56

ha/ano. A área ajustada de *ganhos de mangal* foi de 51.4 ha, com um intervalo de confiança de ± 1.6 ha. Os ganhos anuais de mangal no mesmo período em análise foram de 5.14 ha/ano.

5.4. Identificação das Principais Causas de Mudança e Potenciais Ameaças

5.4.1. Mapeamento e observações de campo

O trabalho de mapeamento evidenciou que a maioria das perdas de mangal ocorreram em duas manchas, sendo a maior área perdida na localidade de Gueguegue, na margem este do Rio Umbelúzi (Figura 4). Ao longo da margem dos rios também foi observada erosão (Figura 17a), mas a perda de mangal apenas foi detectada, através do mapeamento, no Rio Tembe (Figura 5). No entanto, por não serem áreas de interesse para o projecto, não foram feitas visitas exploratórias nestas áreas dos rios Umbelúzi e Tembe. Já os ganhos foram encontrados um pouco por toda a extensão do mangal, mas com maior ênfase ao longo do Rio Matola.

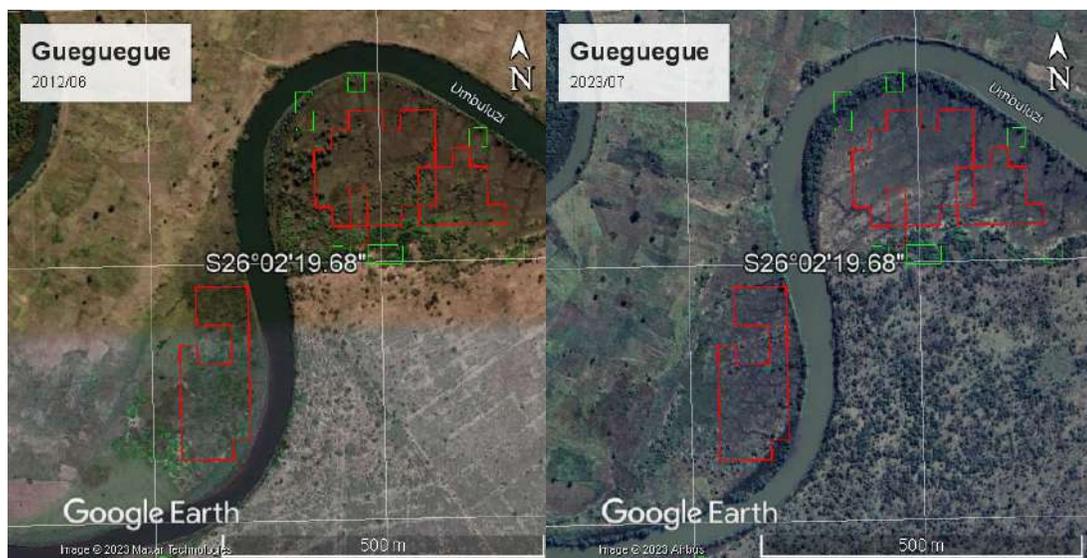


Figura 4. Área perdida (5 798 ha) em Gueguegue, nas margens do Rio Umbelúzi.

5.4.1.1. Observações de campo: Malhampsene

A área de Malhampsene apresentou uma floresta de mangal estavel mas de crescimento limitado (Figura 6). As casas mais próximas do Rio Matola (< 50 metros), são mais precárias e de menor dimensão, e as mais afastadas são de alvenaria e maiores dimensões.

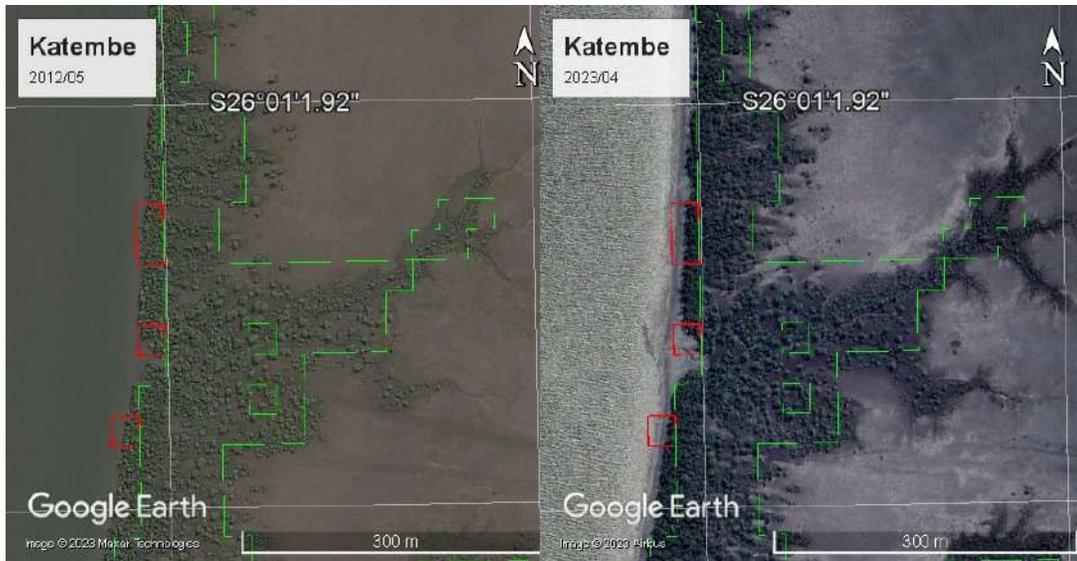


Figura 5. Área perdida (0.323 ha) em Katembe, na margem oriental do Rio Tembe.



Figura 6. Locais visitados em Malhampsene. a. Secagem de caniço cortado à volta do mangal de Malhampsene; b. Área inundada de Malhampsene com árvores pequenas de mangal branco (*Avicennia marina*). c. Linha ferroviária que passa por cima da floresta de mangal de Malhampsene (Fotografias: Faustino César).

5.4.1.2. Observações de campo: Mussumbuluco

A área de Mussumbuluco apresentou uma floresta de mangal estavel e com ganhos (Figura 7), inclusive na área perto do “cemitério da Texlom”, tal como foi mencionado nas entrevistas. As casas mais próximas do Rio Matola (< 50 metros) são mais precárias e de menor dimensão (Figura 8), e as mais afastadas são de alvenaria e maiores dimensões. Adjacente a esta área existe uma salina inactiva (ca. 18.8 ha) cuja área apresenta um ganho de cobertura de mangal (Figura 9).

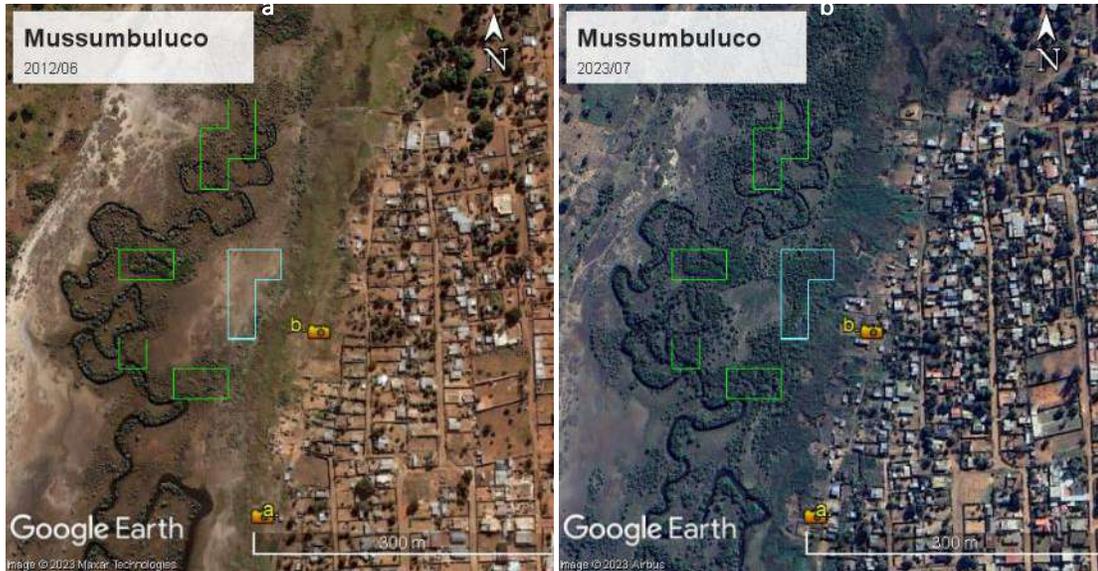


Figura 7a. Casas em Mussumbuluco feitas com estacas de mangal e caniço. **b.** Extensão de área inundada com gramíneas e floresta de mangal (Fotografias: Faustino César).



Figura 8a. Casas em Mussumbuluco feitas com estacas de mangal e caniço. **b.** Extensão de área inundada com gramíneas e floresta de mangal (Fotografias: Faustino César).

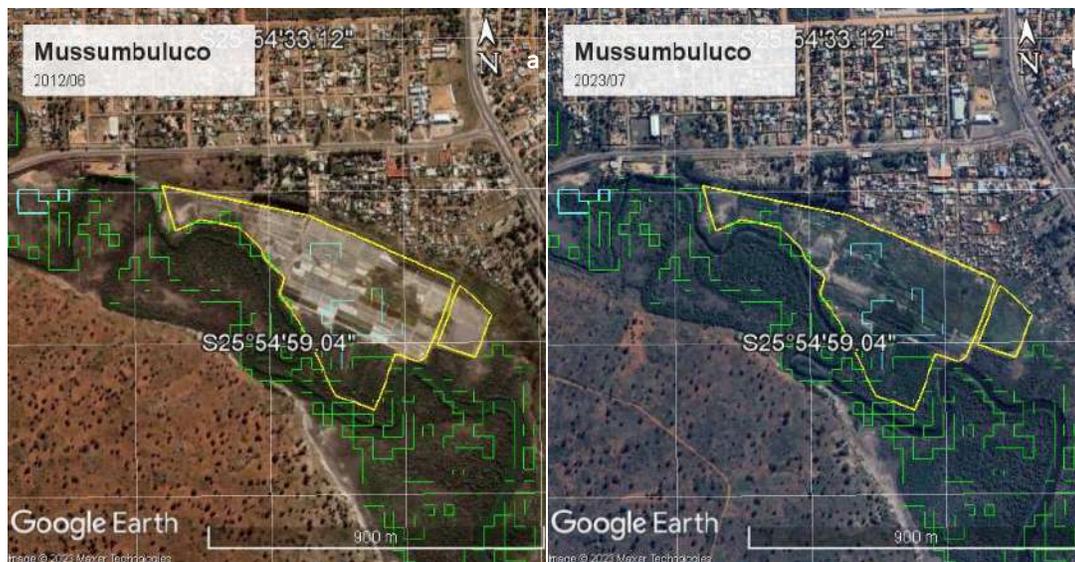


Figura 9. Imagens satélite de 2012 e 2023 onde se observa a regeneração natural na área de uma salina inactiva (possivelmente desde 2009).

5.4.1.3. Observações de campo: Matola A - Lígamo

De um modo geral, na Matola A, existem casas muito próximas da floresta de mangal (inclusive a 20 metros de distância). O banco lodoso das áreas visitadas possui muito lixo (garrafas partidas e sacos de plástico; Figura 10). De acordo com os residentes, a clareira à frente das casas do Bairro 24 “nunca teve mangal” (o que confere com a imagem satélite de 2002). No entanto, algumas mudas estão a crescer naturalmente, tal como mencionado pelo Sr. Fernando Manuel Paz: “...as sementes vem com a maré e estão a germinar sozinhas”. Os residentes fizeram pequenas valas de drenagem “para a água da chuva”.

Existe um desnível, com alguma erosão, entre as casas e o banco lodoso. No quarteirão 42 da Matola A, foi observado o uso de estacas para a construção de vedações de algumas casas, bancas de venda e de casas de banho (Figuras 11 e 12). Os ecossistemas adjacentes à secção sul do Rio Matola foram alterados, antes de 2002, para a produção de salinas (Tabela 9; Figura 13). Algumas destas áreas estão actualmente inactivas, mas não necessariamente abandonadas. As áreas inactivas (pelo menos desde 2009) mostram sinais de regeneração de mangal, inclusive na salina localizada perto da Escola de Pesca que a Afrisal reactivou recentemente (Figura 14 e 15).



Figura 10. Mangal adjacente ao quarteirão 42 do bairro da Matola-A (Fotografia: Raquel Fernandes).

a

c



Figura 11a. Casas no quarteirão 42 da Matola-A feitas com blocos e cimento numa área que chega a ficar inundada nas marés vivas mais altas. **b.** Uso de estacas de mangal na vedação de casas e **(c)** numa banca de venda na Matola-A (Fotografias: Raquel Fernandes).

De acordo com o presidente do CCP da Escola de Pesca, o Sr. Jossefa Lázaro Nhangale, as pessoas ao verem o abate de mangal nestas salinas começaram também a cortar mangal (mesmo fora das salinas). No entanto, possivelmente por ser uma situação recente, não foi detectada pelas imagens satélite. O Sr. Jossefa Lázaro Nhangale informou que perto da Escola de Pesca existem tanques de piscicultura, mas a produção de tilápia foi interrompida porque a água era muito salgada.



Figura 12. Imagens satélite de 2012 (esquerda) e 2023 (direita) onde se pode observar que apesar do aumento de número de casas na Matola A, a área de mangal manteve-se estável (linhas verdes) e com pequenos ganhos (linha azul) resultantes da regeneração em áreas de salinas inactivas (delimitadas a amarelo); As letras **a.** e **b.** representam o local onde foram tiradas as fotografias da Figura 11.



Figura 13. Salinas tradicionais inactivas e abandonadas (a amarelo) e activas (a vermelho) adjacentes ao Rio Matola, no Distrito Municipal da Matola em Julho de 2023.

Tabela 9. Área aproximada (ha) de salinas tradicionais adjacentes ao Rio Matola – em Mussumbuluco e Matola, no Distrito Municipal da Matola. As áreas foram determinadas através do uso de imagens satélite de Maio 2002 a Julho 2023.

	Salinas Activas	Salinas Inactivas e abandonadas
Número de salinas identificadas	5	9
Área média ± Desvio padrão (min-max)	47.45 ± 54.06 (13.66 - 138.97)	17.78 ± 16.37 (5.65 - 59.21)
Área total	237.26	160.06



Figura 14. Salina reactivada da Afrisal na margem este do Rio Matola (Fotografia: Raquel Fernandes).



Figura 15. Salinas reactivadas recentemente numa área em que o mangal estava a recuperar naturalmente. A letra *a* representa o local onde foi tirada a fotografia da Figura 13.

5.4.1.4. Observações de campo: Katembe

A área visitada na Katembe, está adjacente ao Estuário Espírito Santo e possui alguns canais com profundidade entre 2 e 5 metros. A zona é caracterizada pela presença de *Avicennia marina*, *Ceripps tagal*, *Rhizophora mucronata* e com menor frequência, *Bruguiera gymnorrhiza*. As árvores são de porte médio a elevado, e a região também é caracterizada por apresentar boa capacidade de regeneração natural como resultado dos padrões de inundação verificados na zona.

Os níveis de corte são reduzidos nas ilhotas e apresentam alguma poluição por lixo plástico marinho que é maioritariamente depositado por pescadores que estabelecem acampamentos sazonais durante a época de pesca. A população local tem usado as áreas de mangal para a prática de cultos religiosos, pesca e protecção das embarcações de pesca artesanal durante as épocas chuvosas e períodos de mau tempo.

As principais ameaças aos mangais da Katembe são a atribuição de lotes de terra para a construção de habitações unifamiliares e estabelecimentos comerciais, prática de queimadas descontroladas, erosão natural, pastorícia do gado bovino nas, ou adjacentes às áreas de mangal. A comunidade de pescadores e residentes locais, têm estado a implementar o programa de restauração de mangais por via de plantio de mudas em alguns bairros, tais como Gwachene e Incassane (Figura 16). Este programa insere-se no âmbito da Estratégia Nacional dos Mangais e está a ser coordenado pela Administração do Distrito Municipal da Katembe. As mudas são fornecidas pela Associação Sathuma.

5.4.1.5. Observações de campo: Estuário Espírito Santo – Confluência dos rios Tembe, Umbelúzi e Matola

Não existem construções na ilha visitada. No entanto a presença de lixo (inclusive de garrafas de vidro) e material de pesca, constitui evidência que pescadores usam este local. A costa nordeste da apresenta forte erosão (Figura 17), podendo ser observadas árvores de mangal branco (*Avicennia marina*) com raízes expostas (Figura 18a). Neste local, também foi observada uma disposição linear de *R. mucronata* à volta de uma árvore adulta de *A. marina* (Figura 18b).

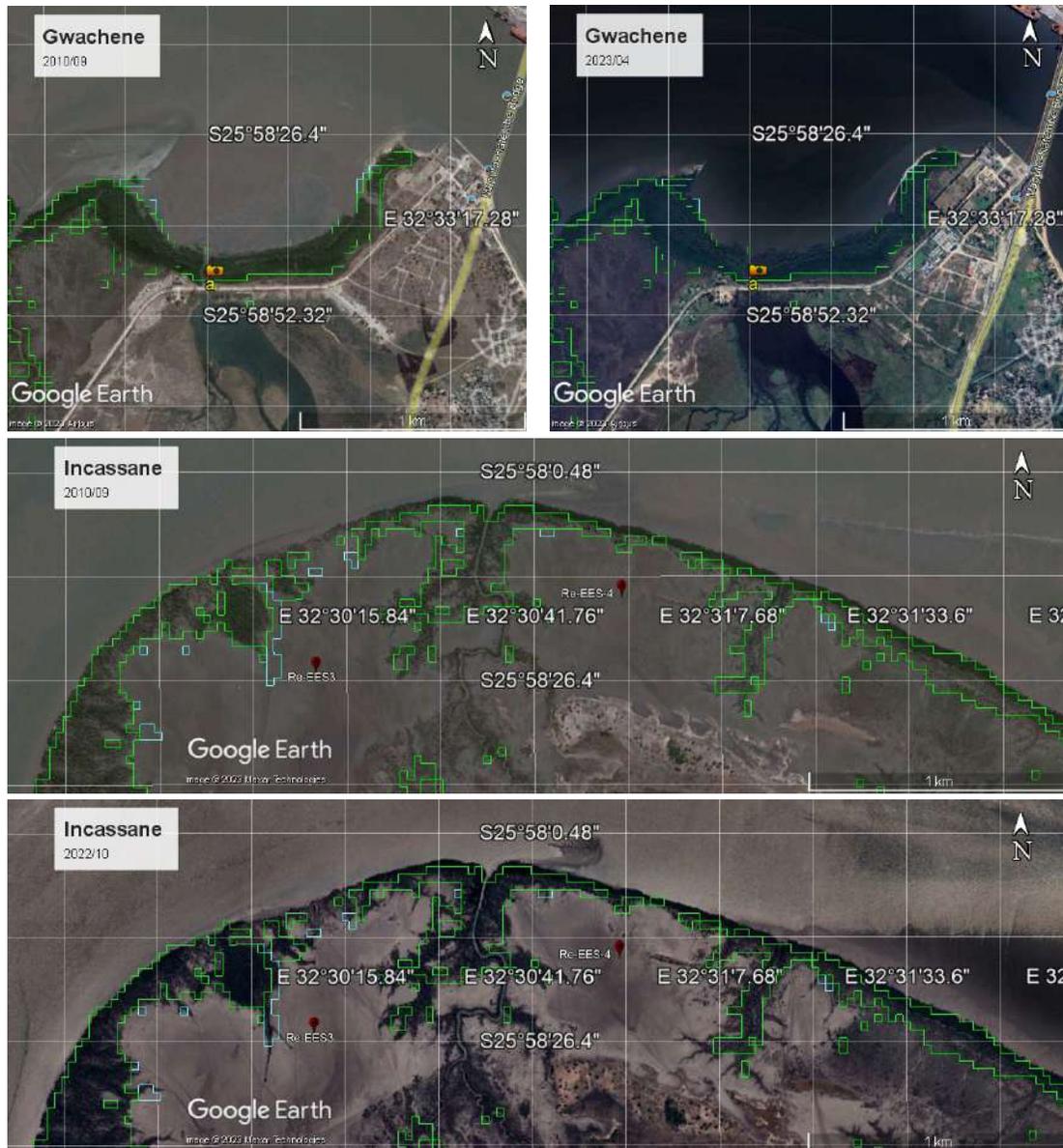


Figura 16. Áreas de ganho em Gwachene e Incassane. A letra *a* representa o local visitado em Gwachene.



Figura 17. Imagens satélite da costa nordeste da zona de confluência dos rios Tembe, Umbelúzi e Matola no Estuário do Espírito Santo, evidenciando a erosão costeira. As letras *a* e *b* representam o local onde foram tiradas as fotografias da Figura 18a e 18b.



Figura 18a. Exposição de raízes de *Avicennia marina* devido à forte erosão e **b.** Mudanças de *Rhizophora mucronata* a cercarem *Avicennia marina* numa disposição não-natural, na ilha visitada no Estuário do Espírito Santo (Fotografias: Raquel Fernandes).

5.4.1.6. Observações de campo: Rio Maputo

Uma extensa área adjacente ao Rio Maputo possui árvores secas de mangal de grande porte (Figura 19a) e uma pequena área inundada com mudas pequenas (abaixo de 40

cm) de *A. marina* (Figura 19b). A floresta de mangal nas zonas mais altas (periféricas) encontra-se em *stress* hídrico, tendo o solo uma salinidade elevada como se pode especular pela presença de *Salicornia pachystachya* (Figura 19c) e a presença de *A. marina* arbustivas (ie. com muitas ramificações de pequeno diâmetro; Figura 19d). Os pneumatóforos das árvores de mangal branco (*A. marina*) localizadas mais próximas do leito do Rio Maputo, possuíam uma elevada retenção de algas verdes filamentosas (Figura 20).



Figura 19a. Árvores secas de mangal de grande porte; **b.** Presença de mudas de *Avicennia marina* numa área baixa com retenção de água do Rio Maputo; **c.** *Salicornia pachystachya*; **d.** Árvore anã de mangal branco (*A. marina*) muito ramificada devido às condições adversas do local (Fotografias: Raquel Fernandes).

A observação de imagens satélites disponíveis no Google Earth (Figura 21), permitiu verificar que a perda de mangal no local da Figura 19a ocorreu antes de 1995. Entre

2013 e 2023, também foi observada uma perda de mangal na zona mais periférica da floresta. A comunidade local do Parque Nacional de Maputo mencionou a perda de mangal após a queda de granizo em 2019 (Célia Macamo, comunicação pessoal). A documentação sobre este fenómeno será brevemente publicada (Machava-António *et al.*, *in review*).

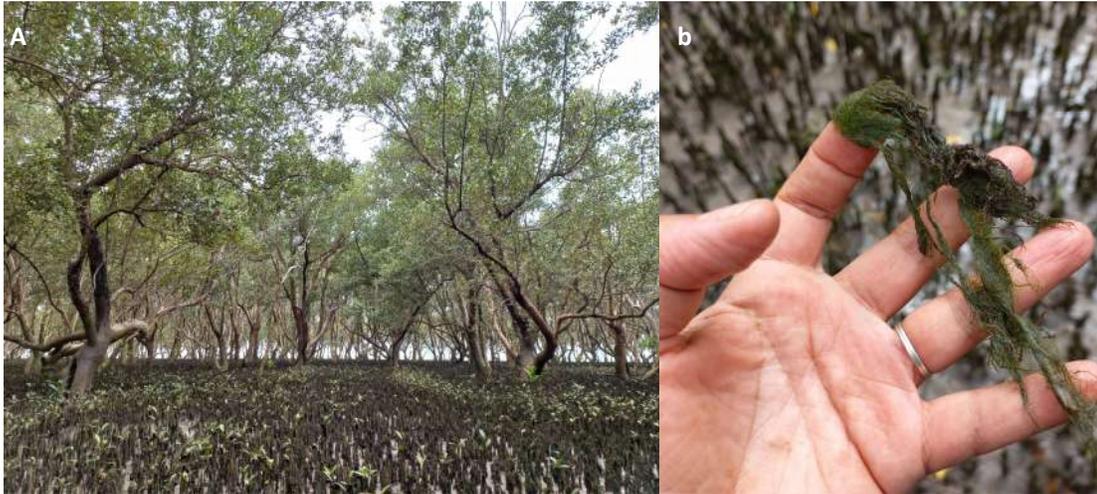


Figura 20a. Panorama da floresta de mangal adjacente ao Rio Maputo. **b.** Destaque das algas verdes filamentosas (Fotografias: Raquel Fernandes).

5.4.2. Entrevistas

Um total de nove entrevistas para identificar as principais causas de mudança, valor ecossistémico e ameaças na linha de costa da Matola foram efectuado. O grupo-alvo consistiu em membros do CCP da Escola de Pesca, CCP do LÍngamo, da Administração dos bairros e pescadores. Foram entrevistados um activista social e um serralheiro. Todos os entrevistados possuíam mais de 45 anos de idade, sendo duas mulheres. Sete pessoas eram da etnia rhonga e as restantes de etnia bitonga. Todos eram residentes entre 2 e 5 km da floresta de mangal adjacente. O local e tempo de residência dos entrevistados foi:

- Três pessoas residentes em Malhampsene há 47.0 anos \pm 21.8;
- Duas pessoas residentes em Mussumbuluco: 44 e 52 anos;
- Uma pessoa residente a 29 anos no quarteirão 42 da Matola-A; e
- Três pessoas residentes no quarteirão 24 da Matola-A: 51.0 anos \pm 15.6.

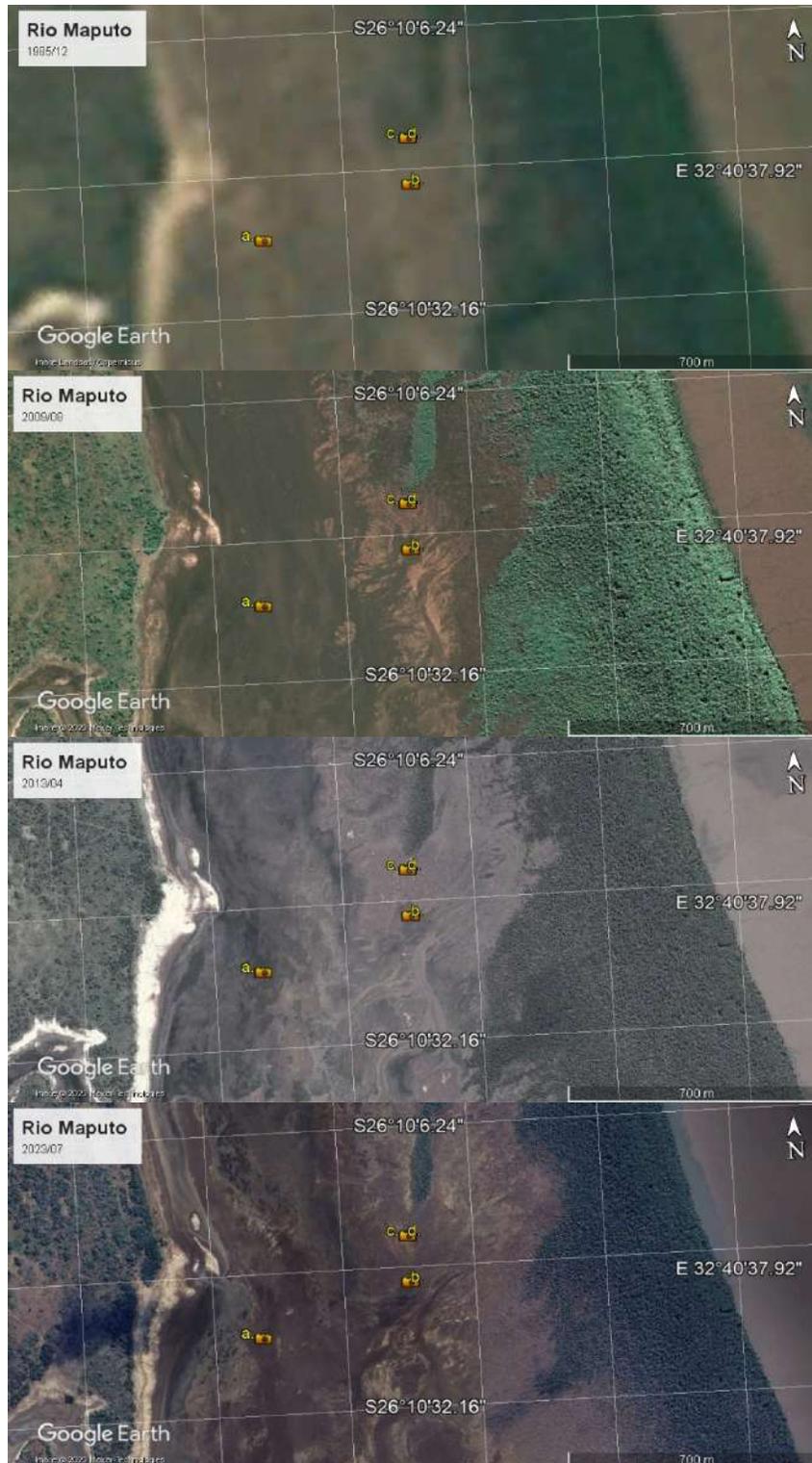


Figura 21. Imagens satélite (1995, 2009, 2013 e 2023) onde se pode observar a perda de mangal no local visitado no Rio Maputo antecedente 1995 (apesar da resolução de imagem ser fraca o padrão das “manchas verdes” é similar a dos anos seguintes) e uma perda de menor escala na margem ocidental da faixa de mangal, entre 2013 e 2023. As letras *a*, *b*, *c* e *d* representam o local onde foram tiradas as fotografias da Figura 19.

O agregado familiar médio foi de 7.3 pessoas \pm 1.2, tendo variado de seis a nove pessoas. A maior parte das pessoas (6) vivia em união de facto, sendo as restantes casadas (2) e uma viúva. Dos nove entrevistados, oito reconheceram os benefícios colectivos da floresta de mangal, e apenas uma pessoa afirmou que só traz benefícios para os pescadores (Tabela 10).

Tabela 10. Percepção dos nove entrevistados sobre a importância das florestas de mangal. Note que é apresentado o número de pessoas e % em relação ao total dos entrevistados, podendo o entrevistado ter facultado mais do que uma resposta.

Tipo de benefícios	Nr de pessoas (%)
Colectivos	8 (88.9%)
Protecção da orla costeira - "Diminuem a trajectória de água para o interior das casas e amortece as ventanias" -"Protege as nossas casas contra os ventos" -"Protege contra a erosão "	6 (66.7 %)
Produção de recursos pesqueiros - "Aumenta o pescado" - "Importante para o crescimento dos peixes, caranguejos e camarão"	6 (66.7 %)
Produção de recursos lenhosos/estacas "As populações extraem estacas para a construção das suas residências e capoeiras").	1 (11.1%)
Individuais	1 (11.1%)
"As florestas de mangal tem benefícios somente para os pescadores porque eles pescam e vendem as capturas para o seu sustento. Não vejo benefícios directos para a comunidade".	1 (11.1%)

Em relação ao uso de recursos provenientes do mangal (Tabela 11), 55.5% parte dos entrevistados assume que consome pescado proveniente do mangal. Só uma pessoa (11.1%) admitiu utilizar recursos lenhosos provenientes do mangal, mas esta prática na comunidade é mais comum, sendo que três pessoas mencionaram conhecer terceiros que utilizam recursos lenhosos e madeira/estacas de mangal. Outras actividades como prática de cultos e pastagem de gado foram mencionadas. Em relação às mudanças ocorridas no mangal, quatro pessoas referiram como sendo negativas, três positivas e duas não sabem (Tabela 12). Os entrevistados foram igualmente questionados sobre o actual estado de conservação das florestas de mangal, sendo que quatro responderam ser "bom", dois "razoável e um "mau" (Tabela 13). No entanto, os quatro entrevistados que responderam que o estado de conservação é bom, mencionaram a perda de mangal (em comparação com "1975" e

“2010”) para a produção de salinas, construção de casas e que actualmente as pessoas fazem corte para subsistência.

Tabela 11. Percepção dos nove entrevistados sobre o uso de recursos provenientes das florestas de mangal. Note que é apresentado o número de pessoas e % em relação ao total dos entrevistados, podendo o entrevistado ter facultado mais do que uma resposta.

	Uso próprio	Uso por terceiros
Recursos pesqueiros		
Recursos perqueiros consumidos com frequência (“pescado”, “canivetes”, “caranguejos” e “gastrópodes” – posteriormente identificados como sendo <i>Ceritidea decollata</i>)	5 (55.5%)	2 (22.2%)
Prática de actividade pesqueira - "Conhece um senhor que pesca com frequência peixe pequeno. Pesca com rede mas também tem anzol." - "Os pescadores colocam as redes nas margens do mangal para capturar o peixe".	-	2 (22.2%)
Incerteza sobre a proveniência do pescado que consome	1 (11.1%)	
Recursos lenhosos		
Extracção de lenha pouco frequente	1 (11.1%)	
Extração de lenha com frequência - "No Quarteirão 1 existem pessoas que utilizam muito o mangal como fonte de combustível lenhoso"; - "Alguns moradores do Quarteirão 42 utilizam os mangais para a produção de lenha" - "A um ano atrás havia um senhor que fazia carvão com mangal"	-	3 (33.3 %)
Extracção de madeira/estacas para construção - "No Quarteirão 1 existem pessoas que utilizam muito o mangal para a construção de habitações" - "Alguns moradores do Quarteirão 42 utilizam os mangais para a constução das suas habitações"	-	3 (33.3 %)
Pastagem de gado		
- "Existe uma associação local que pasta o gado bovino perto dos mangais [de Malhampsene]"	-	1 (11.1%)
Prática de cultos		
- "os crentes da Igreja Zione vão para a floresta de mangal para rezar e tirar os espíritos maus"		3 (33.3 %)
Não utilizam recursos do mangal	3 (33.3 %)	-

Tabela 12. Percepção dos nove entrevistados sobre as mudanças no estado de conservação das florestas de mangal.

Tipo de mudanças	Nr de pessoas (%)
Mudanças negativas	
- "Antes havia muito peixe. Apanhavam com capulanas quando eu era criança. Mas a quantidade reduziu muito com a Mozal. Agora já não usam capulana mas as crianças as vezes usam rede mosquiteira." - "Antigamente havia muito mangal e peixe. Contudo, o mangal foi reduzindo porque a população cortou muito" - "As florestas de mangal reduziram muito porque as pessoas cortaram muito mangal para dar lugar à construção de casas." - "As mudanças que ocorreram ao longo dos anos e a escassez dos mariscos são causadas pela falta de mangal na nossa comunidade".	4 (44.4 %)
Mudanças positivas	
- "As florestas tendem a aumentar porque as populações pararam de efectuar o corte" - "Mudaram muito porque antigamente as populações cortavam muito mangal e não existiam campanhas de sensibilização" "Tendem a aumentar porque a população já não corta muito mangal".	3 (11.1%)
Não sabem	2 (22.2%)

À excepção da Matola A, que possui dois Conselhos Comunitários de Pesca (CCPs; CCP de LÍngamo e CCP da Escola de Pesca), não foram identificadas outras associações locais de gestão de recursos naturais (Tabela 14). No entanto, a Polícia da República de Moçambique tem feito iniciativas de fiscalização e as comunidades tem conhecimento sobre a proibição do corte de mangal. De um modo geral, as práticas de gestão em Malhampsene, Mussumbuluco e Matola A tem como finalidade proteger as casas (eg. abertura de valas e colocação de barreiras físicas). O plantio de mangal apenas foi mencionado pelos entrevistados da Matola A (plantio efectuado pela Sathuma e CCP da Escola de Pesca).

5.5. Avaliação dos Limites de Inundação

No total foram observadas imagens satélite do Rio Matola e Estuário do Espírito Santo correspondentes a 84 dias e foi feita a selecção de imagens de modo a determinar os limites mais extremos, através de pontos de referência das marés: a) viva vazia, b) morta vazia, c) morta cheia e d) viva cheia (Tabela 15). Nas imagens de 10 de Janeiro de 2014 (maré morta), devido a reflexão da luz na água, é possível visualizar os canais secundários do Rio Matola.

Tabela 13. Percepções sobre o estado de conservação actual das florestas de mangal da Matola, de acordo com relatos directos dos entrevistados (n = número de pessoas).

Acontecimentos históricos	Percepção de mudanças na área
Estado de conservação das florestas de mangal: Bom (n = 4)	
"O CCP da Escola de Pesca tem estado a fazer o plantio dos mangais desde 2016 (nesse ano recebeu 300 mudas de mangal da Associação Sathuma".	"Existe muita degradação de mangal no Quarteirão 42 causada pela construção de habitações unifamiliares. Existem muitas salinas na Zona do Língamo (e.g. Afrisal, Golfinho, Guebuza, etc) que tem estado a operar nas áreas de mangal."
"O corte para extracção de lenha e estacas para a construção de habitações tem estado a reduzir bastante devido às várias campanhas de sensibilização que têm sido promovidas pelo CCP". "Antigamente as populações cortavam mangal para a obtenção de lenha mas agora temos muitas campanhas de sensibilização".	"Agora o mangal tem estado a recuperar porque as pessoas pararam de cortar". "Árvores de tamanho médio. A floresta está melhor. Só cortam para usar as estacas para fazer casas de banho, casinhas e lenha". "O mangal que está atrás do cemitério de Mussumbuluco cresceu. Perto da Ponte Mozal e Ponta da linha ferrea perdeu-se muito pouco mangal".
Estado de conservação das florestas de mangal: Razoável (n = 2)	
"O Mangal existente em Malhampsene morreu muito com a ocorrência das cheias do ano 2000 e o surgimento da Fábrica da Mozal. A água do Rio Matola já não chega a Malhampsene. Por essa razão é que o mangal não cresce muito na nossa comunidade." "Existem algumas manchas soltas de mangal na zona entre Malhampsene e Boane. A água do Rio Matola já não chega em Malhampsene. A pouca água existente nos mangais é doce e não salgada. Por essa razão é que temos muito caniço junto ao mangal. Forte erosão em Malhampsene".	"Perda de mangal em Malhampsene"
"Mussumbuluco precisa de restauração. Os quarteirões tem casas e construções feitas de noite e/ou nos feriados (porque sabem que não vai haver controlo). As pessoas sabem que não podem construir perto do mangal." "Mussumbuluco tinha muito mangal em 1974 que se foi perdendo. As casas mais próximas ao mangal foram contruídas mais ou menos apartir de 2010 e abriram canais de drenagem e escoamento de esgotos". "Houve um projecto de restauração para esta área mas não avançou. Sathuma está a fazer restauração".	"Ganhos na Matola D (perto da Texlom)"
Estado de conservação das florestas de mangal: Mau (n = 1)	
"No periodo compreendido entre 2012-2022, a população cortava muito mangal para a construção de casas e extraía estacas para a obtenção de lenha e produção de carvão".	Houve grandes perdas de mangal porque não havia campanhas de sensibilização

Tabela 14. Medidas de gestão em curso que foram identificadas pelos entrevistados.

Malhampsene	<p>“Não existe nenhuma associação de base comunitária para a gestão de recursos naturais mas as pessoas do bairro sabem para que serve o mangal e que não podem cortar.”</p> <p>“Existem iniciativas de fiscalização feitas pela PRM - em relação ao corte de mangal. Este ano [Setembro 2023] foram reportados 2-3 pessoas a infringir.</p> <p>“A comunidade tem colocado sacos de areia a volta das suas residências e abrem valas para o escoamento da água da chuva”.</p>
Mussumbuluco	“Não existe nenhuma associação de base comunitária mas as pessoas do bairro sabem para que serve o mangal e que não podem cortar”.
Matola A	<p>“O CCP promove campanhas de sensibilização”</p> <p>“O CCP tem efectuado o plantio do mangal junto aos quarteirões dos bairros existentes na comunidade.”</p>

Tabela 15. Amplitude das marés (metros) correspondentes aos dias das imagens seleccionadas.

Maré morta	Maré viva
18 de Abril de 2013 (1.4 a 2.6 m)	30 de Setembro de 2015 (0.6 a 3.4 m)
10 de Janeiro de 2014 (1.3 a 2.8 m)	13 de Junho de 2018 (0.7 a 3.2 m)
30 de Maio de 2015 (1.0 a 2.9 m)	5 de Maio de 2020 (0.3 a 3.2 m)
18 de Dezembro 2018 (1.2 a 2.7 m)	24 de Abril de 2021 (0.9 a 3.1 m)
18 de Dezembro 2019 (1.2 a 2.9 m)	29 de Julho de 2021 (0.9 a 3.0 m)
31 de Março de 2020 (1.2 a 2.9 m)	12 de Julho de 2022 (0.8 a 3.1 m)
5 de Abril de 2021 (1.4 a 2.6 m)	18 de Abril de 2023 (0.8 a 3.3 m)
	18 de Julho de 2023 (0.9 a 3.1 m)

No Anexo 8 é feita a listagem das imagens seleccionadas, tendo em consideração o tipo de marés, as distâncias de inundação e a existência de obstáculos. A área entre a maré morta vazia e a maré morta cheia, o ponto B e o ponto C, é favorável ao crescimento de mangal, sendo também observadas manchas de mangal entre a maré morta cheia e a maré viva cheia, o ponto C e o ponto D. As distâncias entre estes pontos são apresentadas nas imagens esquemáticas. O Rio Matola apresenta meandros e braços secundários. A área de inundação durante as marés cheias, segue naturalmente os contornos dos braços secundários, sendo destacada a área de cobertura de mangal na área inundada durante a maré morta cheia, ou seja, a área propícia para o crescimento de mangal. Contudo, a secção norte da área de estudo, Malhampsene, possui dois bloqueios ao fluxo hídrico e o mangal (*Avicennia marina*) é pouco desenvolvido. As marés não têm uma influência visível, através de imagens satélite, na área de inundação. A topografia de Mussumbuluco e Matola A foi alterada

pela construção de salinas e abertura de valas de drenagem (associadas às casas construídas na zona adjacente à área intertidal). As salinas, inclusive as inactivas, possuem barreiras que alteram o fluxo hidrológico. Um estudo especialista em hidrologia deve avaliar formas de mitigar efeitos negativos para os residentes, dada a proximidade das casas.

No Estuário do Espírito Santo - área de confluência dos rios Tembe, Matola e Umbelúzi – não foi possível determinar os limites das marés cheias devido à distribuição de cobertura vegetal. A área intertidal da Katembe é extensa e influenciada pelas marés e do Rio Tembe. A área apresenta canais secundários que suportam a distribuição de mangal. A região também é caracterizada pela presença de espécies de aves carismáticas dos mangais tais como: o pica-peixe do mangal, o cormorão africano, garças, flamingos, entre outras.

Através da análise de imagens satélite e verificação no terreno com apoio de representantes dos bairros e CCPs da Matola, foram delimitadas potenciais áreas para a expansão assistida na área de interesse do projecto da ICEI (Figura 22). Os mapas de pormenor (Anexo 9) e a análise das áreas dos polígonos (shapefiles disponibilizados) permitiram estimar uma área de 19.3 ha para a expansão assistida gradual na margem oriental do Rio Matola (Tabela 16). A expansão assistida consiste em replantar mangal em áreas cuja ocorrência histórica não foi confirmada.

Tabela 16. Sumário das potenciais áreas para restauração adjacentes ao Rio Matola, no Distrito Municipal da Matola. As áreas foram determinadas através da análise dos limites de inundação e uso de imagens satélite (Google Earth), disponíveis de Maio 2002 até Julho de 2023.

	Restauração costeira (retenção de sedimentos e suporte adicional para as mudas)	Restauração através do plantio de mudas	Restauração hidrológica e posterior plantio de mudas
Nr de áreas identificadas	15	10	22
Área média ± Desvio padrão (min-max)	0.41 ± 0.94 (0.00-3.03)	0.07 ± 0.05 (0.01-0.14)	0.57 ± 0.68 (0.01-2.87)
Área total (ha)	6.15	0.70	12.45
Total (ha)	19.30		

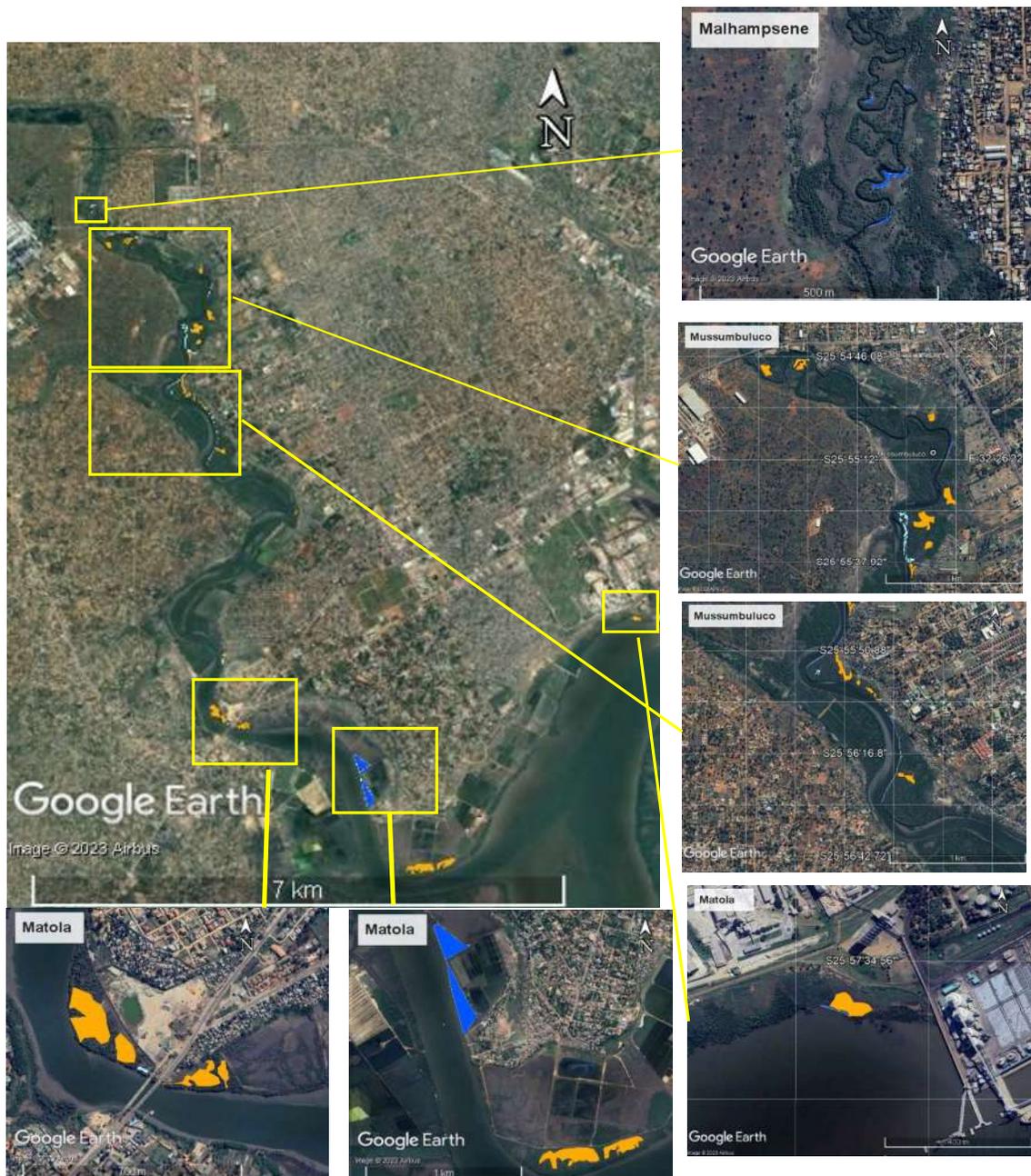


Figura 22. Potenciais áreas para restauração costeira (azul escuro), restauração através do plantio de mudas (azul claro) e restauração hidrológica para posterior plantio de mudas (laranja) - adjacentes ao Rio Matola, no Distrito Municipal da Matola em Julho de 2023.

A proposta de áreas e técnicas é discutida extensivamente no Capítulo 6, tendo em consideração adicional os resultados do levantamento ecológico.

5.6. Avaliação das Condições Ecológicas da Floresta de Mangal

Os levantamentos ecológicos foram realizados em seis locais, nomeadamente (i) Malhampsene; (ii) Mussumbuluco; (iii) Matola A-Língamo, (iv) Katembe; (v) zona de confluência dos rios Tembe, Umbelúzi e Matola no Estuário Espírito Santo; e (vi) adjacente ao Rio Maputo (Anexo 6).

CAIXA 3. NOTA SOBRE A ANÁLISE EXPLORATÓRIA AOS MANGAIS DO RIO MAPUTO

As árvores adultas amostradas no Rio Maputo eram maioritariamente compostas por indivíduos das espécies *Avicennia marina* e *Rhizophora mucronata*. A espécie *A. marina* apresentou valores elevados de altura e diâmetro à altura do peito (Tabela 17). A densidade média de árvores adultas foi alta para a espécie *A. marina* (média \pm desvio padrão: 1 900.0 \pm 503.3 árvores adultas/ha) em relação à *R. mucronata* (média \pm desvio padrão: 200.0 \pm 400.0 árvores adultas/ha). A espécie *A. marina* ocorreu em todas as quatro quadrículas amostradas, contrariamente a espécie *A. mucronata* ocorreu em apenas uma quadrícula (Tabela 20). O mesmo foi observado para a área basal, dominância relativa e importância específica (Tabelas 23, 25 e 26). Durante o período do estudo, a área do Rio Maputo apresentou valores médios elevados para a biomassa, e carbono abaixo e acima do solo, calculados com recurso a equações alométricas (Tabela 28). O presente estudo também revelou a capacidade de boa regeneração natural que é espelhada através da elevada densidade de mudas das classes de regeneração I e II. Foi possível identificar extensas áreas com elevada presença de árvores mortas ao longo do Rio Maputo. Acredita-se que a queda do granizo e as alterações nos padrões e ciclos hidrológicos do local possam ser as principais causas da mortalidade das árvores de mangal observada.

5.6.1. Composição específica: árvores adultas, anãs e pequenas

A composição específica de mangal de árvores adultas e anãs em Malhampsene, Mussumbuluco, Matola A-Língamo, Katembe, Estuário do Espírito Santo e Rio Maputo variou de uma a quatro espécies (Figura 24). A espécie *Avicennia marina* esteve presente em todos os locais, e exclusiva em Malhampsene, Mussumbuluco e Matola A – Língamo (100%).

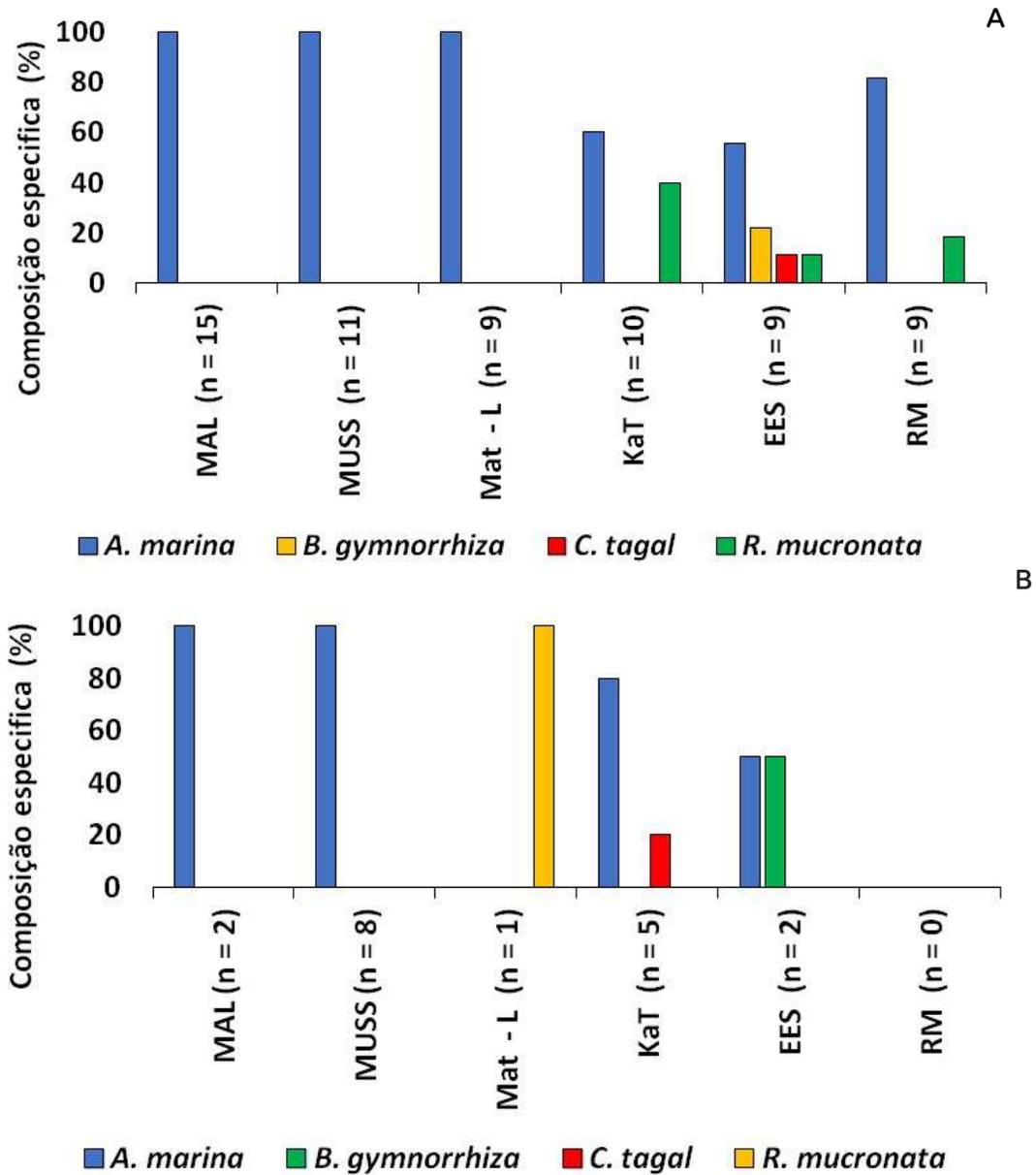


Figura 24. Composição específica das (A) árvores adultas e (B) anãs (n =162). MAL = Malhampsene; Mat A - L = Matola A-Língamo; MUSS = Mussumbuluco; KaT = Katembe; EES = Estuário do Espírito Santo; RM = Rio Maputo.

Na Katembe as árvores de mangal eram compostas por *A. marina* (60.0%) e *Rhizophora mucronata* (40.0%). A maior diversidade específica foi registada no Estuário do Espírito Santo, tendo sido observadas as espécies *A. marina* (55.6%), *B. gymnorrhiza* (22.2%) e *C. tagal* e *R. mucronata* (ambas com 11.1%; Figura 24). As árvores adultas amostradas no Rio Maputo eram maioritariamente compostas por *A. marina* (81.8%) e em menor proporção, *R. mucronata* (18.2%).

A elevada ocorrência da espécie *A. marina* em quase todos os locais de amostragem esta associada à sua habilidade de tolerar elevados níveis de salinidade e temperaturas adversas em regiões secas ou com elevados níveis de inundação (Hogarth, 1999). Normalmente, em regiões com ocorrência de mangais tipo franja, a composição específica tem sido maioritariamente dominada pela espécie *A. marina* e alguns indivíduos da espécie *R. mucronata*. De acordo com Kairo *et al.* (2002), as condições constantes de salinidade, nutrientes, assim como a exposição a elevados regimes de variação de energia cinética são desfavoráveis para garantir a ocorrência de várias espécies de mangal.

As árvores anãs (Figura 25), estiveram presentes em quase todos os locais, à excepção do Rio Maputo, sendo mais frequentes em Mussumbuluco (42.1%), Katembe (37.5%) e Matola A-Língamo (25.0%). A presença de árvores anãs (diâmetro acima de 2.5 cm e altura até 3 m) demonstra que as condições ambientais (eg. nutrientes disponíveis e/ou níveis de salinidade) não são ideais para o crescimento das árvores, e desta forma há mais investimento no crescimento de raízes.

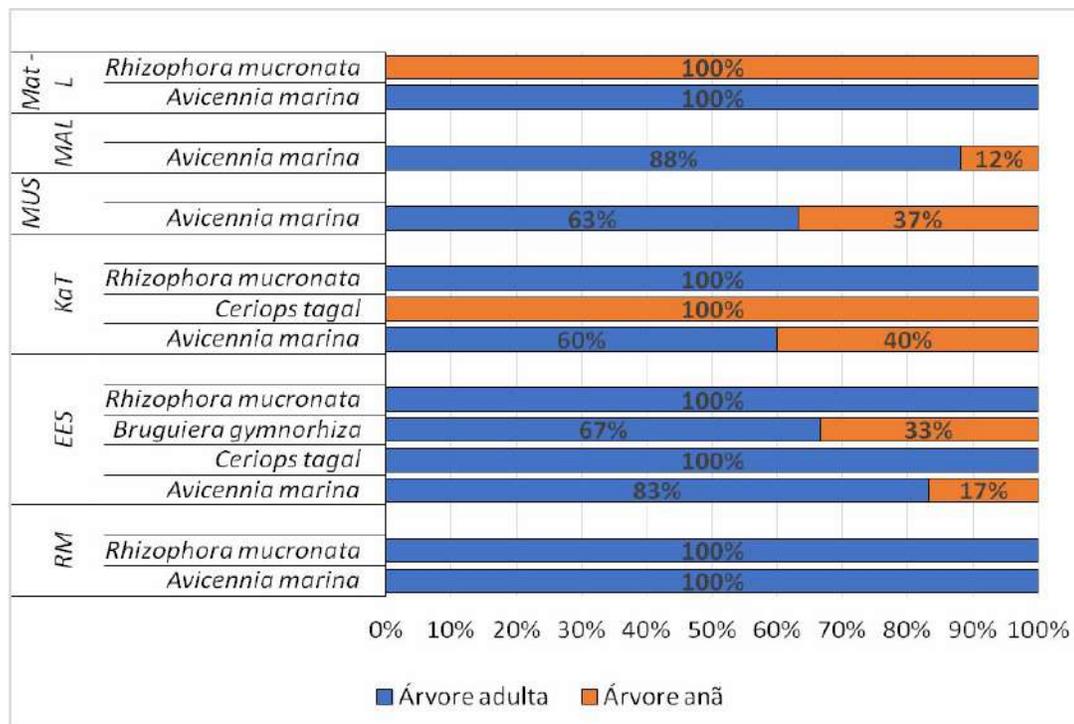


Figura 25. Proporção das árvores adultas e anãs, por espécie e local. MAL = Malhampsene; Mat - L = Matola A - Língamo; MUS = Mussumbuluco; KaT = Katembe; EES = Estuário Espírito Santo; RM = Rio Maputo.

5.6.2. Biometria (DAP e altura das árvores)

De um modo geral, no Rio Maputo as árvores adultas apresentaram maior porte (7.1 ± 2.6 m; 17.1 ± 13.5 cm), seguindo por Matola A-Língamo (3.7 ± 0.8 m; 5.3 ± 3.2 cm), Mussumbuluco (3.7 ± 1.0 m; 4.6 ± 1.8 cm), Estuário do Espírito Santo (4.2 ± 1.7 m; 4.2 ± 2.1 cm), Katembe (3.2 ± 0.7 m; 4.2 ± 1.7 cm) e finalmente Malhampsene (3.2 ± 0.5 m; 2.9 ± 0.6 cm; Tabela 17). A análise descritiva da espécie presente em todos locais (*A. marina*), mostra que as árvores adultas foram de maior porte em Rio Maputo (7.9 ± 2.2 m; 19.6 ± 13.9 cm), seguido das árvores no Estuário do Espírito Santo (5.2 ± 2.0 m; 4.7 ± 2.6 cm). Mussumbuluco, Matola A-Língamo, Katembe e Malhampsene apresentaram árvores com altura inferior a 4.5 m.

5.6.3. Classificação da morfologia das árvores

De um modo geral, o Rio Maputo apresentou maior proporção de árvores adultas e anãs, direitas sem modificação (70.0% das árvores amostradas), seguida por Malhampsene e pelo Estuário do Espírito Santo (ambas áreas com 40.0%), Matola A-Língamo (31.6%) e finalmente Katembe (29.4%; Figuras 26 e 27). A percentagem de árvores direitas sem modificação foi elevada para a espécie *A. marina* na Matola A-Língamo (66.7%) seguida do Rio Maputo (50.0%) e Mussumbuluco (31.6%). No Estuário do Espírito Santo e Rio Maputo todas as árvores das espécies *A. marina* e *R. mucronata* (100.0%), apresentaram caules com modificação. A elevada percentagem de árvores direitas sem modificação observadas na Matola A-Língamo pode resultar da baixa procura pela população local para usos domésticos tal como foi reportado por Amarasinghe & Balasubramanian (1992) e Amade (2008) em estudos similares realizados no Sri Lanka e na Ilha da Inhaca, respectivamente. Adicionalmente, segundo os mesmos autores, a existência de estacas direitas sem modificação também pode ser derivada de vários factores tais como a inexistência de boas condições abióticas (e.g. baixo teor de matéria orgânica no solo, variações bruscas de pH, temperatura, salinidade, insolação) indispensáveis para o desenvolvimento das estacas de mangal e diâmetro e altura.

Tabela 17. Altura média e diâmetro à altura do peito (DAP) \pm desvio padrão e variação (mínimo e máximo), por espécie (N1 = número de árvores adultas; N2 = número de ramos medidos para o cálculo do DAP).

Local	Espécie	Tipo de árvore	N1 – N2	Altura (m)	DAP
Malhampsene	<i>A. marina</i>	Árvore adulta	15-21	3.3 \pm 0.4 (2.5 – 4.0)	2.9 \pm 0.6 (2.5 - 4.5)
		Árvore anã	2-2	2.5 \pm 0.7 (2.0 – 3.0)	2.9 \pm 0.5 (2.5 - 3.2)
	Total		17-23	3.2 \pm 0.5 (2.0 – 4.0)	2.9 \pm 0.6 (2.5 - 4.5)
Mussumbuluco	<i>A. marina</i>	Árvore adulta	11-26	4.2 \pm 0.7 (3.0 - 5.5)	5.0 \pm 1.8 (2.5 - 10)
		Árvore anã	7-7	2.7 \pm 0.2 (2.5 - 3.0)	3.0 \pm 0.5 (2.6 - 3.9)
	Total		19-33	3.7 \pm 1.0 (2.5 - 5.5)	4.6 \pm 1.8 (2.5 -10.0)
Matola A - Língamo	<i>A. marina</i>	Árvore adulta	9-26	3.8 \pm 0.8 (3.0 – 5.0)	5.4 \pm 3.2 (2.5 -14.6)
	<i>R. mucronata</i>	Árvore anã	1-1	2.5	2.9
	Total		10-27	3.7 \pm 0.8 (2.5 – 5.0)	5.3 \pm 3.2 (2.5 - 14.6)
Katembe	<i>A. marina</i>	Árvore adulta	6-15	3.7 \pm 0.7 (3.0 – 5.0)	4.5 \pm 1.9 (2.5 - 8.4)
		Árvore anã	4-3	2.6 \pm 0.5 (2.0 – 3.0)	3.7 \pm 1.2 (2.5 - 4.9)
	<i>R. mucronata</i>	Árvore adulta	4-8	3.3 \pm 0.3 (3.0 - 3.6)	3.9 \pm 1.5 (2.9 - 7.5)
	<i>C. tagal</i>	Árvore anã	1-1	2.0	3.3
	Total		15-27	3.2 \pm 0.7 (2.0 - 5.0)	4.2 \pm 1.7 (2.5 - 8.4)
Estuário do Espírito Santo	<i>A. marina</i>	Árvore adulta	5-15	5.2 \pm 2.0 (3.0 - 7.5)	4.7 \pm 2.6 (2.5 - 10.2)
		Árvore anã	1-1	2.5	2.5
	<i>R. mucronata</i>	Árvore adulta	1-3	3.0	4.1 \pm 0.8 (3.2 - 4.8)
	<i>C. tagal</i>	Árvore adulta	1-1	3.5	2.9
	<i>B. gymnorhiza</i>	Árvore adulta	2-3	4.3 \pm 1.1 (3.5 - 5.0)	3.6 \pm 1.6 (2.5 - 5.4)
		Árvore anã	1-2	2.5	2.9 \pm 0.5 (2.5 - 3.2)
Total		11-25	4.2 \pm 1.7 (2.5 - 7.5)	4.2 \pm 2.1 (2.5 - 10.2)	
Rio Maputo	<i>A. marina</i>	Árvore adulta	7-15	7.9 \pm 2.2 (5.0 - 12.0)	19.6 \pm 13.9 (2.9 - 47.1)
	<i>R. mucronata</i>	Árvore adulta	2-4	4.3 \pm 1.8 (3.0 - 5.5)	7.4 \pm 5.7 (4.1 - 15.9)
	Total		11-19	7.1 \pm 2.6 (3.0 - 12.0)	17.1 \pm 13.5 (2.9 - 47.1)

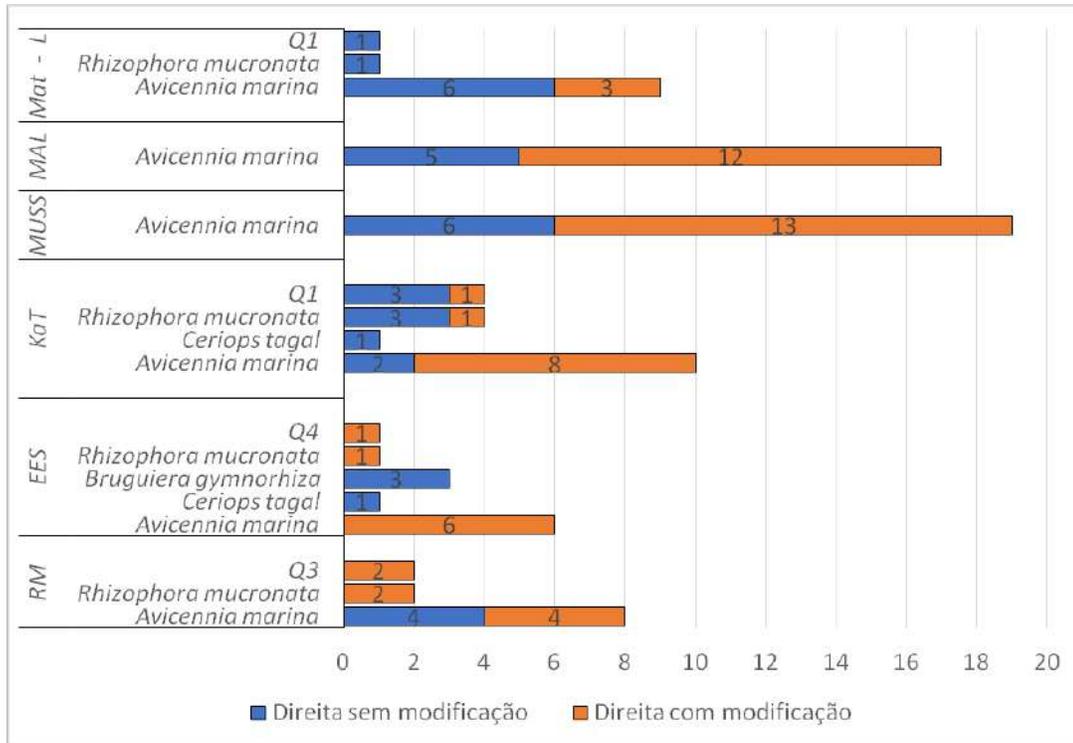


Figura 26. Classificação morfológica, por espécie de mangal, das árvores adultas nas áreas amostradas. (MAL = Malhampsene; Mat-L = Matola A – Lígamo; MUSS = Mussumbuluco; KaT = Katembe; EES = Estuário Espírito Santo; RM = Rio Maputo).

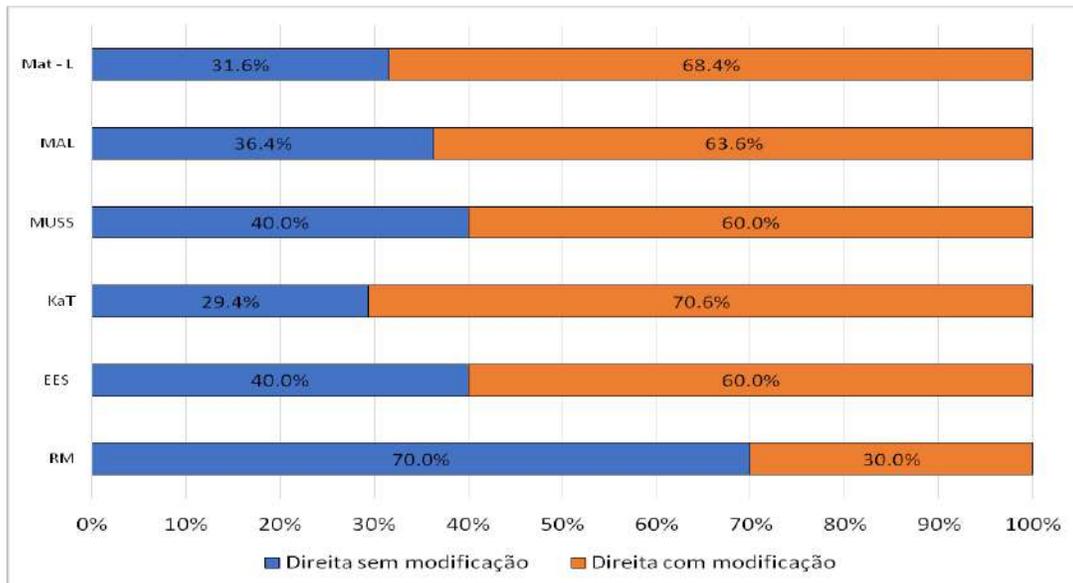


Figura 27. Classificação morfológica das árvores adultas de mangal em cada local de amostragem. (MAL = Malhampsene; Mat A-L = Matola A – Lígamo; MUSS = Mussumbuluco; KaT = Katembe; EES = Estuário Espírito Santo; RM = Rio Maputo).

A elevada percentagem de estacas direitas com modificação no Estuário do Espírito Santo e Rio Maputo, podem estar associadas à alterações nos padrões hidrológicos e/ou de dispersão de poluentes químicos nesses locais as regiões em causa. Segundo Mmochi & Mberek (1998) e Duke *et al.* (2005), as florestas de mangal que ocorrem em regiões de elevada ocorrência de parques industriais tais como portos, refinarias, fábricas, entre outros, tendem a apresentar mudança estrutural por causa da contaminação.

5.6.4. Fenologia das árvores

A fenologia das árvores adultas e anãs pode ser descrita em três fases: dormente, em floração e com propágulos (Stringer *et al.*, 2015; Kairo *et al.*, 2002). As árvores de Matola A-Língamo (90.0%) e Malhampsene (74.7%) e encontravam-se maioritariamente na fase de dormência. Na Katembe, Rio Maputo e no Estuário do Espírito Santo foram observadas as três fases (Figura 28).

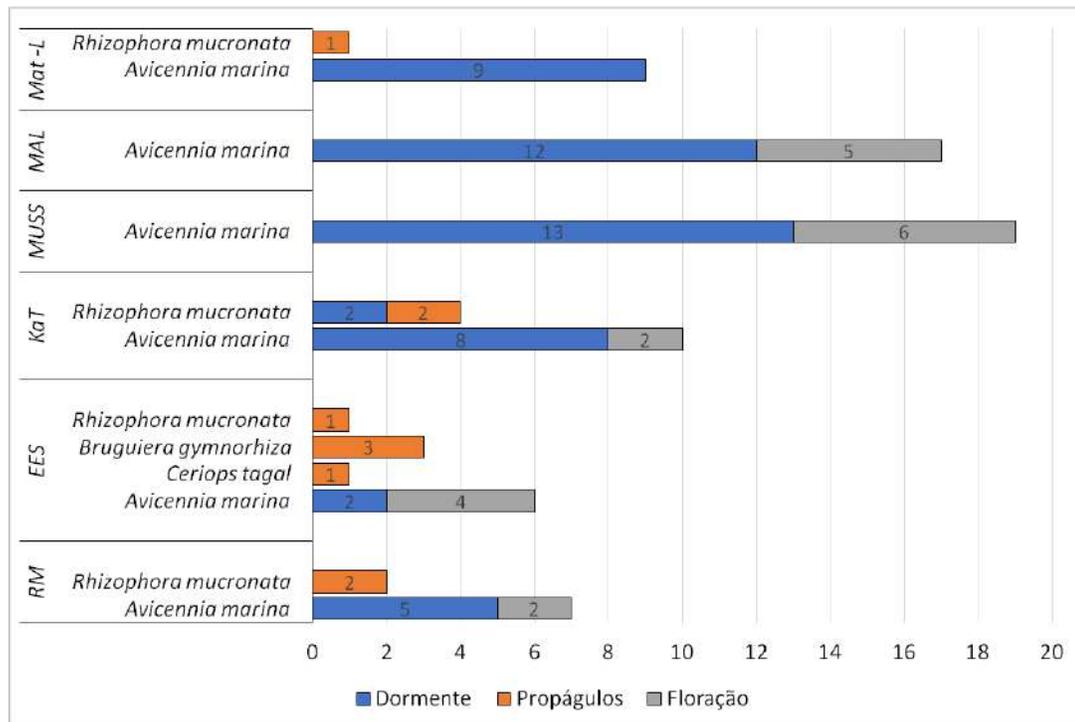


Figura 28. Classificação fenológica das árvores adultas de mangal nas seis áreas amostradas. (MAL = Malhampsene; Mat-L = Matola A - Língamo; MUSS = Mussumbuluco; KaT = Katembe; EES = Estuário Espírito Santo; RM = Rio Maputo).

A maior proporção de árvores com propágulos foi observada no Estuário do Espírito Santo (45.5%), seguida pela Katembe (36.4%) e Rio Maputo (21.4%), e uma menor proporção de árvores na Matola A-Língamo (10.0%). A floração foi observada em todos os locais visitados, à exceção da Matola A-Língamo, nomeadamente Mussumbuluco (37.0%), Estuário do Espírito Santo (36.4%), Malhampsene (25.3%), Rio Maputo (21.4%) e Katembe (9.1%).

Independentemente do local, não foram observados propágulos da espécie mais abundante, *A. marina*. Por outro lado, todas as árvores da espécie menos abundante, *B. gymnorhiza* (observadas apenas no Estuário do Espírito Santo), estavam na fase de propágulos. Em relação a *R. mucronata* e *C. tagal* foram observadas as três fases (Tabela 18).

Tabela 18. Fenologia das árvores observadas de acordo com a espécie. As árvores observadas em todas as áreas foram agrupadas.

Espécie	Dormente	Propágulos	Floração
<i>Avicennia marina</i>	73.2% (101)	0.0%	26.8% (37)
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>		100.0% (3)	
<i>Ceriops tagal</i>	50.0% (5)	25.0% (11)	25.0% (1)
<i>Rizophora mucronata</i>	33.3% (4)	58.3% (7)	8.3% (1)
Total	64.7% (110)	12.4% (21)	22.9% (39)

A presença de indivíduos com elevadas percentagens de propágulos e flores, pode contribuir positivamente para a recuperação natural de áreas degradadas através da dispersão e transporte destes elementos por via das correntes marítimas (Hogart, 1999; Kathiresan & Bingham, 2001). No presente estudo, nota-se uma percentagem elevada do proágulos em estado dormente para a espécie *A. marina* que poderão estar disponíveis para dispersão ainda dentro da época de restauração e replantio da mesma espécie (MIMAIP, 2023).

5.6.4. Nível de corte

No presente estudo não foram registadas espécies que apresentavam caules parcialmente ou severamente cortados em todos os locais de amostrados.

A análise do estado de conservação (Figura 29) aponta para a existência de corte/degradação de mangal em todos os locais amostrados, sendo a proporção de árvores com corte (cortadas e cepos) alta no Estuário do Espírito Santo, Matola A-Língamo e Malhampsene (entre 31.3 a 33.3%) e mais baixas na Katembe (27.3%) e Rio Maputo (18.2%). No entanto, no Rio Maputo verificou-se que as duas árvores de *R. mucronata* amostradas (100%) possuíam cortes. Os cepos de *A. marina* foram observados na Katembe (14.3%) e em Malhampsene (6.3%).

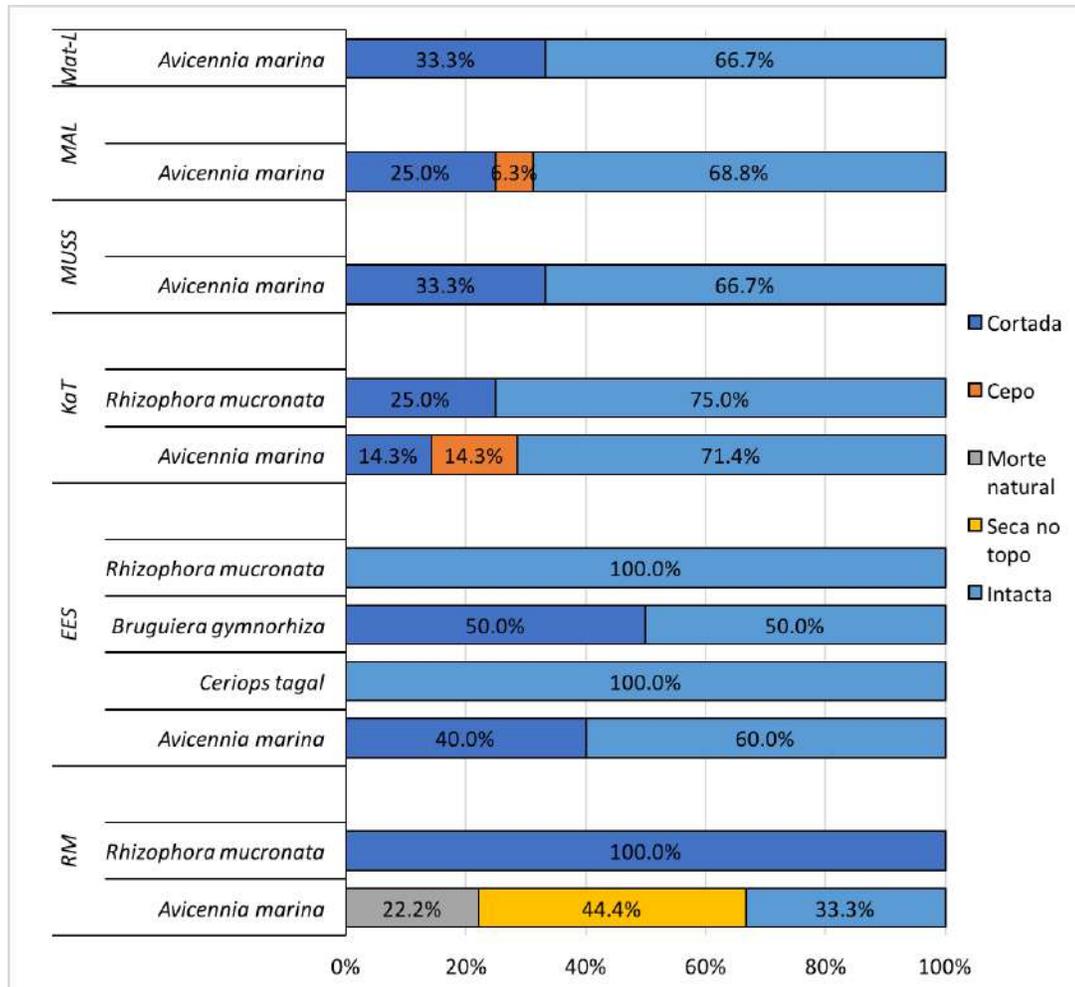


Figura 29. Níveis de corte de árvores adultas de mangal, por espécie, em cada área amostrada. (MAL = Malhampsene; Mat - L = Matola A - Língamo; MUSS = Mussumbuluco; KaT = Katembe; EES = Estuário do Espírito Santo; RM = Rio Maputo).

Na área de estudo (concretamente Matola A-Língamo e alguns aglomerados populacionais existentes à volta do Distrito da Katembe), o corte dos mangais é feito para diversos fins tais como construção de habitações unifamiliares, fumagem de pescado, extracção do sal, mel, entre outros. A ocorrência de elevadas indústrias de

exploração de sal iodado na Matola também pode contribuir para a existência de corte de mangal na região. Num estudo realizado na Estuário do Espírito Santo, Machava-António *et al.* (2022) apontaram elevada existência de assentamentos humanos como sendo uma das potenciais causas que contribuem para a degradação dos mangais nos locais em causa.

5.7. Caracterização Estrutural da Floresta

5.7.1. Densidade

A densidade média das árvores adultas foi elevada em Malhampsene (média \pm desvio padrão: 1 500.0 \pm 1 101.5 árvores adultas/ha), seguida de Mussumbuluco (1 100.0 \pm 1 510.0 árvores adultas/ha) e Rio Maputo (1 100.0 \pm 600.0 árvores adultas/ha; Tabela 19). O Estuário do Espírito Santo e Katembe apresentaram o mesmo valor de densidade de árvores adultas. Em termos de espécies, as espécies *C. tagal* e *R. mucronata* apresentaram reduzidas densidade de árvores adultas no Estuário Espírito Santo.

Avicennia marina foi a única espécie que esteve presente em Malhampsene, Mussumbuluco e Matola A – LÍngamo onde apresentou uma densidade relativa de 100% (Tabela 19). As espécies *B. gymnorrhiza* e *C. tagal* foram apenas observadas no Estuário Espírito Santo. As árvores adultas amostradas no Rio Maputo eram maioritariamente compostas por indivíduos das espécies *A. marina* e *R. mucronata*.

A densidade de mangal em áreas estuarinas tende a ser mais elevada quando comparado a mangais em franja, devido à elevada presença de indivíduos juvenis (diâmetros abaixo de 2.5 cm). Deste modo, a elevada densidade de árvores adultas registadas em Malhampsene e Mussumbuluco pode indicar a presença de indivíduos maduros da espécie *A. marina* nestes dois locais em relação aos outros locais de amostragem (Amarasinghe & Balasubramanian (1992).

5.7.2. Frequência absoluta

A espécie *A. marina* ocorreu em todas as quatro quadrículas amostradas em Malhampsene, Mussumbuluco, Matola A-LÍngamo e Rio Maputo. Por outro lado, *R.*

mucronata esteve presente em uma das quatro quadrículas amostradas na Katembe, Estuário do Espírito Santo e Rio Maputo (frequência absoluta de 25%; Tabela 21). As espécies *B. gymnorhiza* e *C. tagal* ocorreram apenas em uma das quatro quadrículas amostradas no Estuário do Espírito Santo.

5.7.3. Frequência relativa

A espécie *A. marina* apresentou maior frequência relativa em Malhampsene, Mussumbuluco e Matola A – LÍngamo (frequência relativa = 1, Tabela 22). As espécies *B. gymnorhiza*, *C. tagal* e *R. mucronata* apresentaram igual frequência relativa no Rio Maputo (Frequência relativa = 0.2). A espécie *A. marina* apresentou maior frequência relativa (frequência relativa = 0.7) em relação a espécie *R. mucronata* (frequência relativa = 0.3) na Katembe.

As árvores adultas amostradas no Estuário do Espírito Santo apresentaram uma dominância relativa que variou de 80.1% para *A. marina* a 1.6% (para *C. tagal*). *A. marina* apresentou uma dominância relativa de 100% em Malhampsene, Mussumbuluco e Matola A–LÍngamo (Tabela 22).

O índice de importância das espécies foi mais alto para *A. marina* em Malhampsene, Mussumbuluco e Matola A–LÍngamo (Tabela 22). O menor valor de importância específica foi registado para as espécies *B. gymnorhiza* e *C. tagal* no Estuário do Espírito Santo. Este padrão também foi reportado na Ilha da Inhaca (Amade, 2008) e no Estuário do Espírito Santo (Machava-António *et al.*, 2022).

Os baixos valores de abundância relativa, dominância relativa e índice de importância registados para as restantes espécies podem estar diretamente ligados às especificidades dos locais aonde as mesmas foram amostradas, que não permitem o desenvolvimento das mesmas. Vários autores (e.g. Kathiresan & Bingham, 2001; Hogarth, 1999; Kauffman & Donatto, 2012) referem-se às características da textura e conductividade do solo, pH da água intersticial e padrões de inundação como sendo os factores condicionantes do desenvolvimento de mangal. Contudo, estes e outros factores deverão ser aprofundados em estudos futuros.

Tabela 19. Densidade média (árvores/ha \pm desvio padrão) de árvores adultas por local de amostragem. O número de indivíduos amostrados por espécie é apresentado entre parênteses.

Área	<i>Avicennia marina</i>	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	<i>Ceriops tagal</i>	<i>Rhizophora mucronata</i>	Total
Malhampsene	1 500.0 \pm 1 101.5 (n = 15)	-	-	-	1 500.0 \pm 1 101.5 (n = 15)
Mussumbuluco	1 100.0 \pm 1 510.0 (n = 11)	-	-	-	1 100.0 \pm 1 510.0 (n = 11)
Matola A-Língamo	900.0 \pm 383.0 (n = 9)	-	-	--	900.0 \pm 383.0 (n = 9)
Katembe	600.0 \pm 952.2 (n = 6)	-	-	400.0 \pm 800.0 (n = 4)	1 000.0 \pm 952.2 (n = 10)
Estuário do Espírito Santo	500.0 \pm 600.0 (n = 5)	200.0 \pm 400.0 (n = 2)	100.0 (n = 1)	100.0 (n = 1)	900.0 \pm 600.0 (n = 9)
Rio Maputo	900.0 \pm 503.3 (n = 9)	-	-	200.0 \pm 400.0 (n = 2)	1 100.0 \pm 600.0 (n = 11)

Tabela 20. Densidade relativa. Densidade relativa de árvores adultas por local de amostragem (número de indivíduos de uma espécie / número total de árvores x 100). O número de indivíduos amostrados por espécie está apresentado entre parênteses

Local	<i>Avicennia marina</i>	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	<i>Ceriops tagal</i>	<i>Rhizophora mucronata</i>
Malhampsene (n= 15)	100.0	-	-	-
Mussumbuluco (n =11)	100.0	-	-	-
Matola A - Língamo (n=9)	100.0	-	-	-
Katembe (n = 10)	60.0	-	-	40
Estuário do Espírito Santo (n=9)	55.6	22.2	11.1	11.1
Rio Maputo (n=9)	81.8	-	-	18.2

Tabela 21. Frequência absoluta das espécies de mangal de árvores adultas amostradas por área. O número de quadrículas aonde cada espécie ocorreu é apresentado entre parêntesis.

Local	<i>A. marina</i>	<i>B. gymnorhiza</i>	<i>C. tagal</i>	<i>R. mucronata</i>
Malhampsene (n= 15)	100 (n = 4)	-	-	-
Mussumbuluco (n =11)	100.0 (n= 4)	-	-	-
Matola A-Língamo (n = 9)	100.0 (n = 4)	-	-	-
Katembe (n = 10)	50.0 (n = 2)	-	-	25.0 (n = 1)
Estuário do Espírito Santo (n = 9)	50.0 (n = 2)	25.0 (n = 1)	25.0 (n =1)	25.0 (n = 1)
Rio Maputo (n = 9)	100.0 (n = 4)			25.0 (n = 1)

Tabela 22. Dominância relativa, frequência relativa e índice de importância das espécies de mangal de árvores adultas amostradas por área. O número de indivíduos amostrados por local é apresentado entre parênteses.

Local	Espécie	Dominância relativa (%)	Frequência relativa	Índice de importância
Malhampsene (n = 15)	<i>A. marina</i>	100	1	201
Mussumbuluco (n = 11)	<i>A. marina</i>	100	1	201
Matola A-Língamo (n = 9)	<i>A. marina</i>	100	1	201
Katembe (n = 10)	<i>A. marina</i>	71.5	0.7	132.2
	<i>R. mucronata</i>	28		68.8
Estuário do Espírito Santo (n = 9)	<i>A. marina</i>	80.1	0.4	136.1
	<i>B. gymnorhiza</i>	8.4	0.2	30.8
	<i>C. tagal</i>	1.6	0.2	12.9
	<i>R. mucronata</i>	9.9	0.2	21.2
Rio Maputo (n = 9)	<i>A. marina</i>	96.4	0.8	179
	<i>B. gymnorhiza</i>			
	<i>R. mucronata</i>	3.6	0.2	22

5.7.4. Área basal

5.7.4.1. Área basal por espécie

As áreas basais individuais das árvores adultas amostradas são apresentadas na Tabela 23. Em geral a área basal por espécie foi maior para os indivíduos amostrados no Rio Maputo. Em termos de espécies, a *A. marina* apresentou valores baixos de área basal em Malhampsene, Katembe e Matola Estuário do Espírito Santo. A área basal para a espécie *A. marina* no Rio Maputo apresentou uma variação grande devido à presença de quatro árvores de grande porte, com DAP superior a 30 cm. Este resultado reforça a

importância de se realizar uma amostragem mais representativa da floresta de mangal do Rio Maputo.

Tabela 23. Área basal ($m^2/ha \pm DP$) das espécies de mangal amostradas por área. O número de indivíduos que foram amostrados em cada local de amostragem é apresentado entre parêntesis.

Local	Área basal por espécie			
	<i>A. marina</i>	<i>B. gymnorhiza</i>	<i>C. tagal</i>	<i>R. mucronata</i>
Malhampsene	1.4 ± 0.3	-	-	-
Mussumbuluco	5.6 ± 7.0	-	-	-
Matola A-Língamo	7.9 ± 5.1	-	-	-
Katembe	2.8 ± 3.2	-	-	1.1 ± 2.2
Estuário do Espírito Santo	3.3 ± 6.3	0.3 ± 0.7	0.1 ± 0.1	0.4 ± 0.8
Rio Maputo	66.6 ± 49.6	-	-	2.5 ± 5.5

5.7.4.2. Área basal total

A área basal total por local de amostragem é apresentada na Tabela 24. Malhampsene e Katembe foram os locais que apresentaram a área basal total mais baixa (média ± desvio padrão: $1.4 \pm 0.3 m^2$ e $3.9 \pm 2.6 m^2$, respectivamente). A área basal total foi elevada no Rio Maputo ($69.1 \pm 52.2 m^2$), seguindo-se Matola A-Língamo ($7.9 \pm 5.1 m^2$) e Estuário do Espírito Santo ($4.1 \pm 5.8 m^2$). À exceção de Malhampsene, os resultados evidenciam uma grande heterogenidade de tamanhos das árvores adultas.

Tabela 24. Área basal total (m^2/ha) por local de amostragem.

Local	Área Basal ($m^2 \pm DP$)
Malhampsene	1.4 ± 0.3
Mussumbuluco	5.6 ± 7.0
Matola A-Língamo	7.9 ± 5.1
Katembe	3.9 ± 2.6
Estuário do Espírito Santo	4.1 ± 5.8
Rio Maputo	69.1 ± 52.2

5.7.5. Índice de complexidade

O Índice de Complexidade da área de amostragem foi elevado no Rio Maputo seguido do Estuário do Espírito Santo, Katembe e Malhampsene. O índice de complexidade foi relativamente baixo em Malhampsene (Tabela 25).

O baixos valores do índice de complexidade são característicos de regiões com ocorrência de mangais do tipo franja, que apresentam indivíduos abustivos, com estrutura baixa e sob fortes acções antropogênicas (Semesi, 1998; Kairo *et al.*, 2002). Estes aspectos podem ser responsáveis pelos baixos índices de complexidade reportados no presente estudo, uma vez que as florestas aqui reportadas também ocorrem em locais com que possuem as características acima descritas.

Tabela 25. Índice de complexidade das áreas de amostragem da Província de Maputo.

Local	Índice de Complexidade
Malhampsene	0.1
Mussumbuluco	0.3
Matola A - LÍngamo	0.3
Katembe	3.3
Estuário Espírito Santo	0.7
Rio Maputo	10.8

5.7.6. Determinação da biomassa e carbono

A biomassa abaixo do solo (Mg/ha) foi mais alta no Rio Maputo (média \pm desvio padrão 132.8 ± 192.3 Mg/ha), seguida de Matola A–LÍngamo (8.4 ± 12.7 Mg/ha) e Estuário do Espírito Santo (4.9 ± 5.8 Mg/ha). O mesmo foi observado para a biomassa acima do solo e carbono (Tabela 26). Os valores de biomassa abaixo e acima do solo, registados no Rio Maputo e Mussumbuluco indicam boa capacidade de sequestro de carbono pelas raízes e folhas tal como mencionado por Hogarth (1999) e Cuamba *et al.* (2019).

Os valores da biomassa e carbono total reportados no presente estudo encontram-se dentro dos intervalos reportados em estudos similares realizados no Delta do Zambézi

(Trettin *et al.*, 2015) e área metropolitana de Maputo (Magalhaes, 2018). No entanto, importa salientar que as áreas pertencentes ao complexo industrial da Matola (Malhampsene e Mussumbuluco) apresentaram baixos valores de biomassa e carbono ao longo do período em alusão (Setembro – Outubro de 2023). De acordo com Magalhaes (2018), as áreas metropolitanas ao redor de Maputo e Matola têm a tendência de apresentar baixos valores de biomassa devido à demanda de procura de espécies de mangal para a obtenção de combustível lenhoso para suprir os défices de energia observados na região.

Tabela 26. Biomassa abaixo do solo, acima do solo e carbono (toneladas/ha) avaliadas nos seis locais amostrados. O número de indivíduos considerados para a análise é apresentado entre parênteses.

Local	Biomassa acima do solo (Mg/ha)	Biomassa abaixo do solo (Mg/ha)	Carbono (Mg/ha)
Malhampsene	2.6 ± 1.4 (1.7 - 6.6)	1.6 ± 0.8 (1.1 - 3.7)	2.1 ± 1.1 (1.4 - 5.2)
Mussumbuluco	11.1 ± 10.4 (1.6 - 48.8)	5.7 ± 4.7 (1.0 - 22.3)	8.4 ± 7.6 (1.3 - 35.5)
Matola A-Língamo	17.9 ± 30.6 (1.7 - 122.6)	8.4 ± 12.7 (1.1 - 51.1)	13.1 ± 21.7 (1.4 - 86.8)
Katembe	8.3 ± 8.9 (1.7 - 31.9)	4.5 ± 4.6 (1.1 - 16.4)	6.4 ± 6.7 (1.4 - 23.5)
Estuário do Espírito Santo	9.6 ± 12.8 (1.7 - 50.7)	4.9 ± 5.8 (1.1 - 23.1)	7.2 ± 9.3 (1.4 - 36.9)
Rio Maputo	387.2 ± 603.5 (2.2 - 2195.9)	132.8 ± 192.3 (1.4 - 690.6)	260.0 ± 397.8 (1.8 - 1443.2)

5.8. Regeneração

Não foram reportados indivíduos das classes de regeneração I, II e III em Malhampsene (Tabela 27). Tendo em conta o período de realização das amostragens (Setembro – Outubro) e o período de floração para a espécie de mangal dominante neste local (*A. marina*), poderá ter ocorrido a inibição do desenvolvimento de mudas e plantas jovens neste local devido à inexistência de condições ambientais favoráveis, provavelmente a disponibilidade de nutrientes (Kairo *et al.*, 2002). Adicionalmente, em algumas situações, a ausência de mudas da classe CR1 pode estar associada à dormência das sementes e a condições oceanográficas apropriadas para o seu estabelecimento no substrato (Hogarth, 1999).

A presença de plantas jovens foi observada na Matola A-Língamo e Estuário do Espírito Santo (Tabela 27). A ausência das plantas jovens nos restantes locais pode estar associada a diversos factores incluindo baixo teor de matéria orgânica para o desenvolvimento das plantas jovens, herbivoria por crustáceos, alteração nos ciclos hidrológicos nos locais em causa entre outros. A densidade das plântulas em regeneração da classe 1 (CRI), foi elevada na Matola A-Língamo seguida do Rio Maputo e Mussumbuluco. O mesmo foi verificado para classe CR2 (Tabela 27). Estes valores estão em conformidade com as densidades de mudas obtidas por Kairo *et al* (2002) em Uyombo (1 585 indiv/m²) e Kirepwe (1 197 indiv/m²). Segundo Kairo *et al* (2002) e Bundotich et al (relatório não - publicado), as florestas de mangal são consideradas optimamente estáveis em termos de capacidade de regeneração quando apresentam a densidade de mudas situado entre 5 000 - 10 000 (invid/ha) em florestas tropicais.

O elevado manancial de individuos em regeneração pertencentes a classe I observados na Matola A -Língamo, Mussumbuluco e Rio Maputo podem ser de elevada importância para futuras intervenções que requeiram a provisão de mudas para a expansão assistida, restauração e/ou reabilitação.

Tabela 27. Densidade média de plantas pequenas e plântulas (indivíduos/ha \pm DP) das classes 1 e 2 por local de amostragem. A percentagem de indivíduos por classe de regeneração é apresentada entre parêntesis.

Local	Especie	RCI (0 -40 cm)	RCII (40 - 150 cm)	RCIII (150 -300 cm)	Total
Malhampsene	<i>A. marina</i>				
	Total				
Mussumbuluco	<i>A. marina</i>	100 000 \pm 109 876.0 (85.7%)	16 666.7 \pm 26 742.3 (14.3%)		116 666.7 \pm 5 853.1
	Total	100 000 \pm 109 876.0 (85.7%)	16 666.7 \pm 26 742.3 (14.3%)		116 666.7 \pm 58 531.4
Matola A-Língamo	<i>A. marina</i>	203 333.3 \pm 116 254.7 (13.1%)	133 333.3 \pm 26 053.6 (93.0%)	1200.0 \pm 827.3 (100%)	337 867.6 \pm 140 385
	<i>C. tagal</i>		6 666.7 \pm 15 570.0 (4.7%)		6 666.7 \pm 15 570.0
	<i>R. mucronata</i>		3 333.3 (2.3%)		3333.3
	Total	203 333.3 \pm 116 254.7	143 333.3 \pm 31 718.5	1200 \pm 827.3	44 866.6 \pm 17 882.3
Katembe	<i>A. marina</i>	3333.3 (44.1%)	3 333.3 (7.7%)		6 666.6 \pm 2 722
	<i>C. tagal</i>	3333.3 (44.1%)			
	<i>R. mucronata</i>	3333.3 (44.1%)	40 000 \pm 138 564.1 (92.3%)		43 333.3 \pm 23 174
	Total	7 500.0 \pm 1 5 447.9	43 334.3 \pm 137 994.3		50834.3 \pm 25391
Estuário do Espírito Santo	<i>A. marina</i>			300.0 \pm 692.8 (20%)	300.0 \pm 692.8
	<i>B. gymnorrhiza</i>			200.0 \pm 230.9 (13.3%)	200.0 \pm 230.9
	<i>C. tagal</i>			700.0 \pm 1 616.6 (4.7%)	700.0 \pm 1 616.6
	<i>R. mucronata</i>			300.0 \pm 230.9 (20%)	300.0 \pm 230.9
	Total			1500.0 \pm 1 404.8	1500.0 \pm 1 404.8
Rio Maputo	<i>A. marina</i>	123 333.3 \pm 131 519.9 (100%)			123 333.3 \pm 131 519.9
	<i>B. gymnorrhiza</i>				
	<i>C. tagal</i>				
	<i>R. mucronata</i>				
	Total	123 333.3 \pm 131 519.9			123 333.3 \pm 131 519.9

5.9. Determinação do Carbono Orgânico do Solo

As florestas de mangal são consideradas um dos maiores reservatórios de carbono das regiões tropicais (Kauffman & Donatto, 2012). Acredita-se que as reservas de carbono existentes no Oceano Índico contêm cerca de duas vezes mais carbono em relação às florestas terrestres das regiões temperadas (Hoghart, 1999). Os resultados referentes ao teor de carbono do solo são apresentados em forma de percentagem de carbono orgânico em relação ao peso da amostra. A percentagem de carbono foi elevada no intervalo de profundidade dos 0-15 cm na Matola A-Língamo (%C = 1.90%), seguida da Katembe (%C = 1.40%) e Rio Maputo (%C = 1.21). Por outro lado, a percentagem de carbono foi baixa em todas as profundidades analisadas em Mussumbuluco (Figura 30).

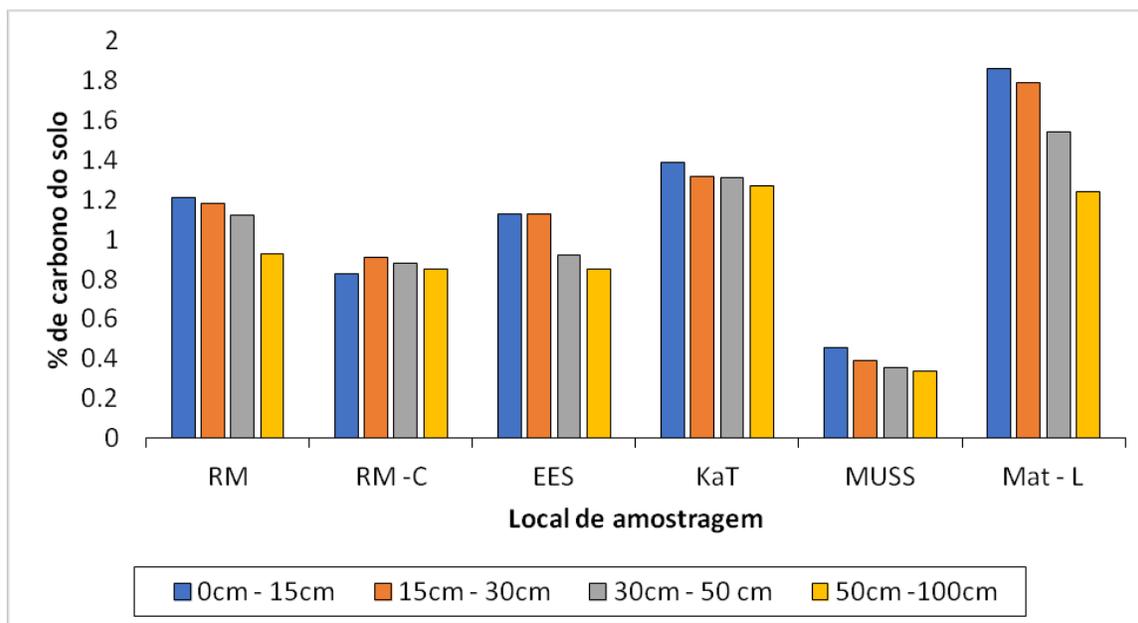


Figura 30. Percentagem de carbono, por profundidade, em cada local de amostragem. (MAL = Malhampsene; Mat - L = Matola A - Língamo; MUSS = Mussumbuluco; KaT = Katembe; EES = Estuário Espírito Santo; RM = Rio Maputo; RM-C = Rio Maputo "cemitério".

O Rio Maputo "cemitério" (local com elevada presença de árvores mortas por causas ainda por determinar), apresentou percentagens de carbono ligeiramente elevadas para os intervalos de profundidade dos 15-30 cm (%C = 0.91%) e dos 30-50 cm (%C = 0.88%). O carbono registado no Rio Maputo "cemitério" é provavelmente proveniente das árvores de mangal mortas.

CAIXA 4. RESUMO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS RECOLHIDOS NAS ÁREAS DE ESTUDO						
Parâmetro	Malhampsene	Musumbuluco	Matola A-Língamo	Katembe	Estuário do Espírito Santo	Rio Maputo
Composição específica	Monoespecífico: <i>A. marina</i>	Monoespecífico <i>A. marina</i>	Monoespecífico <i>A. marina</i>	Duas espécies: <i>A. marina</i> e <i>R. mucronata</i>	Quatro espécies: <i>A. marina</i> , <i>B. gymnorrhiza</i> , <i>C. tagal</i> e <i>R. mucronata</i>	Duas espécies <i>A. marina</i> e <i>R. mucronata</i>
Diâmetro à altura do Peito (DAP)	Baixo	Elevado	Elevado	Baixo	Moderado	Elevado
Morfologia (presença de estacas direitas sem modificação)	Elevada	Baixa	Baixa	Baixa	Elevada	Elevada
Nível de corte	Alto	Moderado	Alto	Baixo	Alto	Moderado
Densidade de árvores adultas (árvores/ha)	Elevada	Elevada	Moderada	Moderada	Baixa	Elevada
Área basal total (m ² /ha)	Baixa	Moderada	Moderada	Baixa	Moderada	Elevada
Índice de Complexidade	Baixo	Baixo	Baixo	Moderado	Baixo	Elevado
Biomassa abaixo do solo (Mg/ha)	Baixa	Moderada	Elevada	Moderada	Elevada	Elevada
Biomassa acima do solo (Mg/há)	Baixa	Moderada	Elevada	Moderada	Elevada	Elevada
Densidade de Plântulas (CRI) (indiv/ha)	N/A	Alta	Alta	Baixa	N/A	Alta
Densidade de Mudas (CRII) (indiv/ha)	N/A	Baixa	Baixa	Baixa	N/A	N/A
Densidade de Plantas Jovens (CRIII) (indiv/ha)	N/A	Alta	Baixa	N/A	Baixa	N/A
Necessidade de restauração	Não	Sim (expansão assistida)	Sim (expansão assistida)	Não	Não	Sim (Restauração hidrológica)

6. Medidas com Vista à Recuperação, Conservação e Gestão de Florestas de Mangal e Estratégias de Restauração

Neste estudo, a primeira fase para determinar medidas de gestão das florestas de mangal incluiu a avaliação das mudanças nas áreas de mangal (secções 5.1 a 5.4), seguindo-se pelas saídas de campo para realizar entrevistas e avaliar as condições físicas (5.5. Avaliação dos Limites de Inundação) e por último, o estado de conservação das florestas de mangal (5.6. Avaliação das Condições Ecológicas da Floresta de Mangal). Estas informações de base são essenciais para determinar as medidas de recuperação (expansão assistida, reabilitação e restauração), conservação e gestão das florestas de mangal. Recomenda-se assim, a elaboração de um plano de gestão adaptativa, que orientará todas as actividades de gestão, reabilitação, restauração, monitoria e avaliação, incluindo orçamento, intervenientes e suas responsabilidades. Neste Capítulo, são apresentadas as prioridades identificadas para a gestão das florestas de mangal, estando organizadas em quatro componentes: (i) Ordenamento territorial e fiscalização; (ii) campanhas de educação e sensibilização ambiental; (iii) expansão assistida e restauração de ecossistemas; e (iv) Programas de monitoria e investigação.

6.1. Ordenamento e Fiscalização

A Tabela 30 apresenta as acções prioritárias relativas a aspectos de ordenamento territorial e fiscalização, com vista a melhorar as condições físicas da área onde ocorrem os mangais. No entanto, as etapas de negociação e definição de metodologias para a implementação das acções devem envolver diversos sectores relevantes de ordenamento territorial e desenvolvimento local (a nível de bairro, município, distrito e província).

6.2. Campanhas de Educação e Sensibilização Ambiental

As campanhas de educação e sensibilização ambiental podem ser feitas de várias formas (eg. nas escolas, bairros) mas a efectividade das mesmas, está dependente da

criação de melhores condições a nível local, cuja priorização de soluções deve ser feita de forma participativa. A Tabela 31, apresenta potenciais temas relevantes a serem abordados em campanhas de educação e sensibilização ambiental.

6.3. Expansão Assistida e Restauração de Ecossistemas

Os objectivos da expansão assistida e restauração de florestas de mangal promovida pelo projecto devem ser claros e reconhecidos pelas partes intervenientes de modo a obter apoio público, assim como estabelecer metas o mais possível realísticas sob o ponto de vista técnico-científico. As metas a alcançar não se podem restringir ao número de mudas e hectares “plantados”, mas sim de áreas de mangal estabelecidas ao longo de um período superior a pelo menos três anos.

Existe uma necessidade crucial de implementar o disposto no Regulamento de Gestão e Ordenamento da Zona Costeira e das Praias (Decreto 97/2020 de 4 de Novembro), sobre as actividades de desenvolvimento costeiro e expansão urbana, para evitar uma maior destruição dos ecossistemas costeiros e melhorar os planos de restauração a longo prazo. Ainda, é recomendável a restrição da abertura de novas salinas e averiguação de planos de reactivação de salinas inactivas. De facto, algumas áreas de salinas inactivas tiveram ganhos de mangal entre 2013 e 2023, e caso sejam “salinas abandonadas” poderão ser alvo de protecção e restauração passiva e/ou activa (dependendo da capacidade de regeneração natural do local e meta temporal).

Contudo, reforça-se que sem a remoção das actuais ameaças identificadas no Capítulo 5, o sucesso da expansão assistida e restauração por si só ficam comprometidas. A principal recomendação a nível de planificação da expansão assistida dos mangais prende-se com o envolvimento dos Conselhos Comunitários de Pesca (CCPs), lideranças comunitárias, e outras associações locais, como a Sathuma, na execução das intervenções que devem ser feitas de forma participativa e tendo em consideração questões logísticas e interesse local.

Tabela 30. Acções prioritárias relativas ao ordenamento territorial e fiscalização para minimizar as ameaças às florestas de mangal, nas áreas de estudo.

Acção	Responsável	Matola A	Mussumbuluco	Malhampsene	Katembe	Rio Maputo
Effectuar o levantamento de DUATs e licenças das áreas concessionadas à exploração de salinas, para estabelecer planos e medidas de gestão específicas	SDAE e SDPI, Município	X				
Restringir a emissão de novas licenças para a implantação de novas salinas	SDAE e DPTerra e Ambiente	X				
Interditar a extracção de solos nas zonas entre-marés para a construção de barreiras e passadeiras em tanques de exploração de sal	SDAE e SDPI, Município	X				
Massificar a fiscalização acompanhada de interdição, embargo e demolição de habitações construídas de forma clandestina em locais próximos aos mangais.	SDAE e SDPI, Polícia Municipal, Município	X	X		X	
Interditar a construção de esgotos, latrinas e tubos de drenagem directa de águas brancas para os mangais	SDAE e SDPI, Polícia Municipal, Município		X	X		

Tabela 31. Potenciais temas relevantes para campanhas de educação e sensibilização ambiental para minimizar as ameaças às florestas de mangal, no Distrito da Matola e Estuário do Espírito Santo.

Tema	Matola A	Mussumbuluco	Malhampsene	Katembe	Rio Maputo
Redução da extração de estacas de mangal para uso doméstico ou comercial	X	X			
Redução da extração de estacas de mangal para a construção de estruturas de suporte destinadas ao ancoramento de embarcações de pesca artesanal				X	
Interdição do depósito de resíduos sólidos nas florestas de mangal	X	X	X		
Minimização do descarte de artes de pesca degradadas junto aos mangais	X			X	
Interdição da prática de fecalismo a céu aberto nas florestas de mangal		X			
Minimização da prática de actividades agro-pecuárias em terras adjacentes às florestas de mangal			X		
Promoção da extração de invertebrados de valor comercial com recurso a métodos não-destrutivos (e.g. gaiolas, ganchorras, etc.) para não danificar as raízes dos mangais				X	
Minimização da lavagem de motores de embarcações motorizadas de pesca artesanal junto aos canais existentes nos mangais	X			X	
Definição de locais apropriados para a prática de cultos religiosos ao longo das florestas de mangal, para reduzir a poluição e abertura de novos acessos	X				
Promoção de campanhas de limpeza e recolha de resíduos sólidos nas florestas de mangal e zonas adjacentes	X	X	X	X	
Minimização da abertura de tanques para a prática de piscicultura familiar nas, ou áreas adjacentes às, florestas de mangal					X

Macamo *et al.* (2016), verificaram que as práticas de restauração do mangal nem sempre são adequadas, podendo, por esta via, comprometer a restauração deste ecossistema num todo, reforçando a relevância de se realizar *a priori* um estudo sócio-económico e hidrológico, definir as técnicas de restauração apropriadas ao local, e a integração de pessoal técnico qualificado para orientar a actividade.

O foco da restauração do habitat reside na mitigação das barreiras que limitam o assentamento e a sobrevivência natural dos propágulos. No presente estudo foram identificadas as áreas (ver material complementar: shapfiles das áreas mapeadas) potencialmente adequadas para quatro tipos de intervenções:

i. Estabelecer uma barreira física para a retenção de sedimentos e ancorar as mudas

Áreas com erosão costeira causada por tempestades, movimento de navios (ondulação) e/ou mudanças nas condições hidrodinâmicas. Nestes casos o plantio directo é insuficiente para a expansão assistida, reabilitação e restauração da floresta de mangal, devendo ser criadas condições para a retenção de sedimento artificial (barreiras permeáveis) e sistemas de ancoragem das mudas (Yang *et al.*, 2011; Cheong *et al.*, 2013).

Na Katembe foi detectada, através do mapeamento, a perda de uma pequena área de mangal (0.3 ha) devido à erosão costeira – reforçando a importância de se realizar protecção da faixa costeira e colocação de mudas de *Rhizophora mucronata* e *Avicennia marina*. Outras áreas (eg. Estuário do Espírito Santo e na margem do Rio Matola) também apresentaram indícios de erosão costeira. Contudo, estudos piloto devem ser realizados para determinar a força de ancoragem necessária para as mudas resistirem ao arrasto causado pela hidrodinâmica local. Caso a ancoragem seja insuficiente, as mudas pequenas podem desprender a raíz e as maiores podem quebrar pela raíz (Kibler *et al.*, 2022).

ii. Plantio directo de mudas

A. marina foi seleccionada para o plantio ao longo dos rios Matola e Maputo por ser uma espécie pioneira, dominante e possuir maior tolerância a variação de salinidade (He *et al.*, 2007). Contudo, o plantio das mudas desta espécie deve obedecer a uma calendarização no que respeita a época de disponibilidade e colheita das sementes da espécie para o cultivo em viveiros. Após o estabelecimento destas plantas, poder-se-ão adicionar outras espécies.

iii. Restauração hidrológica e posterior plantio de mudas

Áreas que requerem canais e maior inundação. Apenas após o restabelecimento hidrológico do local poderá ser feita a colonização por espécies pioneiras (*Avicennia marina*).

Através da abertura de canais é feita o restabelecimento da conectividade aquática (dispersão de propágulos) para o local privado de propágulos e inicia a regeneração de mangal ao longo de 6.5 anos. No entanto, para os propágulos se estabelecerem com sucesso é necessário que o local tenha determinadas condições de inundação e hidrodinâmica, de substrato (eg. nutrientes e salinidade) e exposição solar. Em casos de condições adversas, a opção de se utilizar mudas (mais resistentes) de viveiros apresenta vantagens. A taxa de sobrevivência de propágulos e mudas deve ser avaliada em função da espécie e biometria.

iv. Restauração de salinas inactivas

A verificar se a existência de salinas que não serão reactivadas para a produção de sal, e cujo interesse de restaurar salinas/tanques de aquacultura – as barreiras hidrológicas deverão ser removidas mecanicamente e o solo revolvido para garantir a redução da salinidade. Um período de repouso do solo deverá ser observado antes do plantio; para tal a salinidade deverá ser monitorada.

6.3.1. Potenciais áreas de intervenção

Na área de estudo, os locais adequados para a restauração de mangal são aqueles onde foram estabelecidos tanques de aquacultura e salinas (actualmente abandonados). Nestes locais onde houve abate de mangal e as áreas sofreram restrições nos fluxos hidrológicos resultantes de bloqueio das águas e áreas com assentamentos humanos inapropriados. Dada a expansão dos assentamentos humanos, a intervenção nestas áreas requer intervenção de zoneamento das áreas de habitação (e fiscalização) e uma forte campanha de sensibilização e identificação de alternativas de expansão. A médio-longo prazo estas construções podem ser nocivas para as florestas de mangal, que ficam com uma faixa cada vez mais estreita com a subida do nível do mar. Actualmente existem algumas iniciativas de restauração de mangal ao longo do Rio Matola e na Katembe. Informação sobre o sucesso destas iniciativas não está disponível. Numa visita a uma das áreas (Matola D), foi observado o plantio de *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal* e em menor número *Bruguiera gymnorhiza*, pela Sathuma. Através do trabalho de mapeamento verificou-se que esta área (25°56'24.96"S; 32°26'18.93"E) teve ganhos de mangal entre 2013 e 2023. De um modo geral, os residentes da Matola possuem uma percepção positiva sobre a importância da conservação das florestas de mangal.

Com base no levantamento ecológico (Setembro), a análise da fenologia das árvores evidenciou a sazonalidade de dormência de *A. marina* (72.3% das árvores adultas) e início do desenvolvimento de floração (26.8% das árvores adultas). Este resultado está em conformidade com a época de desenvolvimento de propágulos para a espécie *Avicenia marina* – que acontece em Dezembro/Janeiro (Célia Macamo, comunicação pessoal). As três fases fenológicas foram observadas para *R. mucronata* e *C. tagal*. Todas (três) árvores adultas da espécie *B. gymnorhiza*, observadas no Estuário Espírito Santo, possuíam propágulos.

Tendo em consideração a fenologia das árvores, densidade de árvores adultas, anãs, e a capacidade de regeneração determinada com base nas classes de regeneração: CR1

(altura menor que 40 cm), CR2 (altura entre 40 a 150 cm) e plantas pequenas (altura entre 150 e 300 cm) é recomendado por área:

- **Malhampsene** - Baixa capacidade de regeneração natural (sem mudas CR1, CR2 e plantas pequenas). As árvores adultas são de baixo porte (DAP de 2.9 cm \pm 0.6) e a densidade é alta (aprox. 1500 árvores por hectare). O local não aparenta ter condições favoráveis ao crescimento de mangal.
- **Mussumbuluco** – Capacidade de regeneração natural média (cerca de 100 mil mudas CR1, 16 mil mudas CR2 de *A. marina* por hectare mas sem plantas pequenas). O local possui uma densidade alta de árvores adultas (aprox. 1 100 árvores adultas por hectare) e aparenta ter condições favoráveis para a expansão assistida, sendo necessária a restauração hidrológica em algumas áreas. Contudo, a forte presença de árvores anãs (42% do total de árvores) e a baixa proporção de carbono (inferior a 0.5% em todas as frações do solo) não são indicadores favoráveis para o crescimento de mangal e conseqüentemente, para o sucesso da expansão assistida. Por outro lado, estes resultados devem ser ponderados pois não foi possível aceder a pé, e realizar a amostragem ecológica no local (25°54'52.24"S; 32°25'39.46"E) que aparentava ter melhor estrutura biométrica das árvores.
- **Matola A** – Capacidade de regeneração natural alta – foram observadas as três classes de regeneração (cerca de 23 mil mudas de *A. marina* por hectare para cada classe CR1 e CR2 e 1 200 árvores pequenas por hectare). Extensas áreas de mangal foram ocupadas por salinas na Matola. Esta área apresentou mais carbono nos solos, 1.9% na camada superficial – até 15 cm).
- **Katembe** – Capacidade de regeneração natural média (cerca de 7 mil mudas CR1, 43 mil mudas CR2 mas sem árvores pequenas). O local possui uma densidade alta de árvores adultas (aprox. 1 000 árvores adultas por hectare) e aparenta ter condições favoráveis para a expansão assistida (gradual), sendo necessária a restauração hidrológica em algumas áreas. Contudo,

apenas foi feita uma saída de campo impossibilitando a delimitação das potenciais áreas a restaurar.

- **Estuário do Espírito Santo** – Capacidade de regeneração natural baixa. Apesar da disponibilidade local de propágulos de várias espécies (*A. marina*, *R. mucronata*, *C. Tagal* e *B. gymnorhiza*), não foram observadas mudas, nem árvores pequenas na zona amostrada no Estuário do Espírito Santo. A densidade das árvores adultas é mais baixa (aprox. 900 árvores por hectare).
- **Rio Maputo** – possui capacidade média de regeneração natural (cerca de 123 mil mudas CR1, não foram observadas mudas CR2, nem de árvores pequenas). A densidade das árvores adultas é alta (aprox. 1 100 árvores por hectare). Neste local foram observadas árvores de maior porte de *A. marina* (DAP 19.6 cm \pm 13.9) e *R. mucronata* (DAP 7.4 cm \pm 5.7). A restauração activa poderá ser realizada ao longo do Rio Maputo (fora da área de estudo inicial), que possui uma extensa área de perda de mangal. Especula-se que a principal causa de destruição massiva de mangal periférico (a este) tenha sido resultado da queda de granizo em finais de 2019 (Comunicação pessoal Célia Macamo). Apesar do tamanho amostral no Rio Maputo ser baixo (11 árvores adultas em quatro quadrículas), a proporção de árvores secas no topo (44% do total das árvores adultas) sugere que as árvores ainda se encontram em stress.

Análises adicionais da qualidade da água (metais pesados, pesticidas, micronutrientes C:N:P), potencial redox e concentração de sulfitos do solo (elevada concentração de sulfitos pode ser letal para as plantas) e salinidade - podem melhorar a compreensão sobre factores que afectam o crescimento das árvores. Nos locais devastados (actualmente com troncos secos de aproximadamente um metro), a exposição à radiação solar é maior e conseqüentemente a temperatura e evaporação também são mais altas (mas a humidade retida é menor), podendo estar a afectar o a recolonização pelos propágulos (regeneração natural). Tal como para a expansão assistida,

recomenda-se que o plantio seja feito de forma faseada, começando pela extremidade do mangal “saudável” para o interior terrestre. Assim, no Rio Maputo – a área de “cemitério” – local com elevado teor de salinidade, sem irrigação frequente (a variação da maré, não atinge o local em todas as fases de maré alta) normalmente com nenhuma ou pouca vegetação (eg. *Salicornia* e mudas de *A. marina* não estabelecidas); devido à elevada salinidade, estes locais não se mostram viáveis para o plantio.

- No Rio Umbelúzi, em Gueguegue (Distrito de Boane), foi detectada através do mapeamento, uma área de perda de 5.8 ha relativamente próxima a campos agrícolas, mas sem a validação de campo (levantamento das características da área e identificação das causas de degradação) devido às restrições logísticas de acesso ao local. Não foi possível avaliar a potencialidade e necessidade de restauração da área.

Na Tabela 32 são apresentadas estimativas das áreas com potencial para a expansão assistida e restauração de mangal que foram determinadas através de imagens satélites e visitas de campo, à excepção da Katembe (que não foi considerada como principal área de invenção do projecto) e do Rio Maputo – cuja informação foi facultada pela Dra. Célia Macamo do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Eduardo Mondlane. A Tabela 33 apresenta as acções prioritárias no que diz respeito à restauração de mangais.

6.4. Programas de Monitoria e Investigação

O plano de gestão das florestas de mangal deve ser adaptativo tendo em consideração as condições ecológicas e parâmetros físicos, mas também das pressões antropogénicas. A avaliação do sucesso da restauração é crucial, devendo a metodologia e critérios ser definidos *à priori*, bem como o cronograma das avaliações, nomeadamente:

- a. Enraizamento e sobrevivência de mudas
- b. Crescimento das mudas (mudas estabelecidas);

- c. Presença de flores e propágulos são indicadores de sucesso de longo-termo (3-5 anos; Primavera & Esteban, 2008).

A Tabela 34, apresenta as acções prioritárias em termos de monitoria e investigação que poderão ser implementadas pela intervenção e potencialmente contribuirão para o seu sucesso.

Tabela 32. Potenciais áreas de intervenção para expansão assistida e restauração de mangal.
* = nao foi feita a análise da extensao das áreas no presente estudo.

Intervenções	Matola A	Mussumbuluco	Malhampse
Zona costeira: retenção de sedimentos e suporte adicional para as mudas	5.6 ha	0.5 ha	0.1 ha
Plantio directo de mudas	0.1 ha	0.6 ha	
Restauração hidrológica e posterior plantio de mudas	7.6 ha	4.9 ha	
Restauração de salinas inactivas e abandonadas	139.0 ha	18.8 ha	
Total	152.2 ha	24.4 ha	0.1 ha

Tabela 33. Acções prioritárias de restauração de mangais no Distrito da Matola e Estuário do Espírito Santo.

	Matola A	Mussumbuluco	Malhampse	Katembe	Rio Maputo
Promover a protecção das salinas e habitações unifamiliares através do plantio do mangal nas zonas adjacentes a estas infra-estuturas	X				
Minimizar a implantação de estruturas de apoio de linhas de transporte de electricidade de alta tensão junto aos mangais.	X				
Propor a substituição das barreiras de protecção contra erosão costeira construídas com recurso à rochas por mudas de mangal autóctones	X				

Tabela 34. Prioridades de monitoria e investigação.

Prioridade	Matola A	Mussumbuluco	Malhampsene	Katembe	Rio Maputo
<i>Monitoria de biodiversidade</i>					
Realizar monitoria periódica anual de espécies de avifauna icónica e endémica das florestas de mangal nas áreas destinadas à exploração do sal	X				
<i>Monitoria de parâmetros físico-químicos</i>					
Estudar as causas do fraco desenvolvimento dos mangais (loais com dominância de árvores anãs e árvores pequenas)			X		
Investigar as causas que contribuem para a baixa entrada da água proveniente do Rio Matola nos mangais existentes ao longo do Bairro de Malhampsene			X		
Investigar as razões por detrás da elevada mortalidade dos mangais observadas no Rio Maputo					X
Estabelecer um plano de monitoria periódica de parâmetros físico-químicos, qualidade da água, ar e fito-sanidade ao longo dos rios Maputo e Matola	X	X	X		X
Estabelecer colaboração com a Administração Regional de Águas do Sul para a monitoria e determinação do caudal referentes aos rios Maputo, Tembe, Umbelúzi e Matola.	X	X	X		X
<i>Monitoria de áreas de ganho e perdas de mangal</i>					
Realizar um mapeamento com vista a aferir e actualizar a área total de degradação dos mangais existentes ao longo do Rio Maputo					X
Realizar um mapeamento após 3 a 5 anos da intervenção para determinar o sucesso da intervenção - expansão assistida e restauração (eg. áreas de ganho)	X	X	X		X
Realizar um levantamento ecológico nas áreas com intervenção após 3 meses (eg. Mudanças estabelecidas), 3 anos determinar o sucesso de restauração (eg. árvores pequenas) e a 5 (eg. árvores adultas)	X	X	X		X
Avaliar as estratégias de intervenção humana com vista à recuperação das áreas degradadas de mangal	X	X	X		X

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amade F (2008). Estudo da estrutura, do estado de conservação e dos factores ambientais, em duas florestas de mangal: Estuário Espírito Santo e Saco da Inhaca. 70 pp. Tese de Mestrado, Maputo, Universidade Eduardo Mondlane.
- Amarasihnge MD, Balasubramaniam S (1992). Structural properties of mangrove stands on the northwestern coast of Sri Lanka. *Hydrobiologia*, 247: 17 – 27.
- Balidy H (2005). Avaliação dos níveis de corte, composição específica e regeneração natural de mangal no Sul de Moçambique. 20 pp. Xai-Xai, CDS-Zonas Costeiras.
- Bandeira SO, Macamo CCF, Kairo JG, Amade F, Jiddawi N, Paula J (2009). Evaluation of mangrove structure and condition in two trans-boundary areas in the Western Indian Ocean. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19: 46-55.
- Breiman L (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45: 5-32.
- CARICOMP (2001). Caribbean Coastal Marine Productivity: a cooperative research and monitoring network of marine laboratories, parks and reserves. Manual of methods for monitoring and mapping of physical and biological parameters in the coastal zone of the Caribbean, 93 pp. CARICOMP.
- Cheong S-M, Silliman B, Wong PP, van Wesenbeeck B, Kim C-K, Guannel G (2013). Coastal adaptation with ecological engineering. *Nature Climate Change*, 3: 787-791.
- Cintron G, Lugo AE, Martinez R (1985). Structural and functional properties of mangrove forests. In: D'Arcy WG, Correa AMD (eds). *The botany and natural history of Panama. IV series, Monographs in systematic botany, Vol. 10: 53-56*. St. Louis, Missouri Botanical Gardens.
- Cochran WG (1977). *Sampling techniques*. (3rd Edition). 428 pp, New York, John Wiley & Sons.
- Cuamba E, Morgado L, Vieira F (2009). Condição ecológica e biomassa da floresta de mangal da Baía de Quionga no contexto das alterações climáticas (norte de Moçambique). *CAPTAR* 8(1): 76-96.
- de Boer WF (2002). The rise and fall of the mangrove forests in Maputo Bay, Mozambique. *Wetlands Ecology and Management* 10(4): 313-322.
- Delwar RB (2019). Isotopic tracing and numerical modelling of saline groundwater discharge into Matola wetlands, Mozambique. MSc thesis, 100 pp. Lisboa, Universidade de Lisboa.
- Duke NC, Bell AM, Pedderson DK, Roeselfsema Cm, Nash SB (2005). Herbicides implicated as the cause of severe mangrove dieback in the Mackey region, NE Australia: consequences for marine for marine plant habitats of the GBR world heritage area. *Marine Pollution Bulletin*, 51: 308 -324.
- Erfteimeijer LA, Lewis RR (2000). Planting Mangroves on intertidal mudflats: Habitat restoration or habitat conversion? *Proceedings of the ECOTONE VIII Seminar Enhancing Coastal*

- Ecosystems Restoration for the 21st Century, Ranong, Thailand. Royal Forest Department of Thailand, Bang-Kok, Thailand.
- Erftemeijer P, de Boer M, Hilarides L (2022). Status of mangroves in the Western Indian Ocean region. Wetlands International.
- Feller IC, Sitink M (2002). Mangrove Ecology: A manual for a field course. 129 pp. Washington, Smithsonian Institution
- Feller IC, Lovelock CE, Berger U, McKee KL, Joye SB, Ball MC (2010). Biocomplexity in mangrove ecosystems. Annual Review of Marine Science 2: 395-417.
- FIPAG/FICHTNER/AUSTRAL-COWI 2012. Estudos ambientais e sociais para o sistema de abastecimento de água do Grande Maputo. 50pp, Maputo, FIPAG.
- Giri C, Ochieng E, Tieszen LL, Zhu Z, Singh A, Loveland T, Masek J, Duke N (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. Global Ecology and Biogeography 20(1): 154-159.
- He B, Lai T, Fan H, Wang W, Zheng H (2007). Comparison of flooding-tolerance in four mangrove species in a diurnal tidal zone in the Beibu Gulf. Estuarine Coastal and Shelf Science 74: 254-262.
- Hogarth PJ (1999). The biology of mangroves, 228 pp. Oxford, Oxford University Press.
- INoM (2023). Guião de Técnicas Básicas de Restauração de Mangal Ministério do Mar, Águas Interiores e Pescas (MIMAIP). Moçambique: 47.
- Kathiresan K, Bingham BL (2001). Biology of mangroves and mangroves ecosystems. Advance in Marine Biology, 40: 81-251.
- Kauffman JB, Donatto DC (2012). Protocols for the measurement, monitoring and reporting structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. Working paper. 86 pp. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Komiyama A, Ong JE, Pongparn S (2008). Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: a review. Aquatic Botany 89: 128-137.
- Komiyama A, Pongparn S, Kato S (2005) Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. Journal of Tropical Ecology 21:471-477
- Kibler KM, Pilato C, Walters LJ, Donnelly M, Taye J (2022). Hydrodynamic limitations to mangrove seedling retention in subtropical estuaries. Sustainability 14(14): 8605.
- Machava-António V, Bandeira S, Cravo M, Paula J (2022). A comparison of mangrove forest structure and ecosystem services in Maputo Bay (Eastern Africa) and Príncipe Island (Western Africa). Forests 13: 1466.
- Machava-António VCE, Mabilana H, Macamo C, Fernando A, Santos R, Bandeira S, Paula J. Massive mangrove dieback due to extreme weather impact - case of Maputo River Estuary, Mozambique (in review). Submitted to Estuarine, Coastal and Shelf Science.

- MIMAIP (2020). Estratégia de gestão do mangal (estratégia do mangal) 2020 - 2024. 36 pp.
- MIMAIP (2023). Ministério do Mar, Águas Interiores e Pescas. Estratégia e Plano de Acção Nacional para a Restauração do Mangal 2015-2020. 43pp. Maputo, Ministério do Mar, Águas Interiores e Pescas.
- Mugi LM, Kiss D, Kairo JG, Huxham MR (2002). Stocks and productivity in dead wood mangrove forests: A systematic literature review. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5:767337.
- Mochi AM, Mberek RS (1998). Trends in types, amounts, and toxicity of pesticides used in Tanzania. *Ambio*, 27(8): 669-676.
- Mussanhane JJ (1999). Métodos de regeneração do mangal na Baía de Maputo. 58 pp, Tese de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane.
- Olofsson P, Foody GM, Herold M, Stehman SV, Woodcock CE, Wulder MA (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148: 42–57.
- Pereira MAM, Litulo C, Árabe AA, Joaquim CC (2023). Avaliação ecológica e plano de restauração em habitats prioritários: recifes de coral, ervas marinhas e florestas de mangal em distritos seleccionados da Província de Nampula. Relatório Técnico do Trabalho de Campo. 64 pp. Maputo, Fundação Likhulu.
- Primavera JH, Esteban JMA (2008). A review of mangrove rehabilitation in the Philippines: successes, failures and future prospects. *Wetlands Ecology and Management* 16, 345-358.
- Rosário Dias LAX (2016). Impacto da proliferação de furos na região do Maputo. Universidade Eduardo Mondlane.
- Scarlet MPJ, Halldórsson HP, Granmo Å (2015). Scope for growth and condition index in the clam *Meretrix meretrix* (L.) as biomarkers of pollution in Espírito Santo Estuary, Mozambique. *Regional Studies in Marine Science* 1: 63-71.
- Sellick T (2020). Hydrological modelling and flood risk in a data scarce country: Matola, Mozambique. Student thesis series INES.
- Semesi AK (1998). Mangrove management and utilization in Eastern Africa. *Ambio*, 27(8): 620-626.
- Smidt EH (1990). Gestão da água subterrânea na ilha do Grande Maputo, Águas Subterrâneas. Maputo.
- Souza Santos HV, Holland FSR, Oliveira Santos T, Andrade KVS, Santos Santana MB, Estrada GCD, Gomes Soares ML (2017). Allometric models for estimating the aboveground biomass of the mangrove *Rhizophora mangale*. *Brazilian Journal of Oceanography*, 65(1): 44-53.

- Stringer CE, Trettin CC, Zarnoch SJ, Tang W (2015). Carbon stocks of mangroves within the Zambezi River Delta, Mozambique. *Forest Ecology and Management*, 354: 139 -148.
- Tang W, Feng W, Jia M, Shi J, Zuo H, Tretting CL (2015). The assessment of mangrove biomass and carbon in West Africa: explicit analytical framework. *Wetlands Ecology and Management*, DOI10.1007/s11273-015-9474-7.
- Yang S, Lim RLF, Sheue C-R, Yong JWH (2011). The current status of mangrove forests in Singapore. In Ming LT, Chew HH (eds). *Proceedings of Nature Society, Singapore's Conference on 'Nature Conservation for a Sustainable Singapore'-16th October 2011*, 99-120 pp. Singapore, The Nature Society.

ANEXOS

Anexo 1. Inquérito para verificação de causas de mudança nas áreas mapeadas e os actuais usos dos recursos do mangal.

A presente iniciativa enquadra-se no âmbito das actividades da componente 3 MangAction do programa ManGrowth financiado pela AICS (Agência italiana Cooperação para o Desenvolvimento) a ser implementado pelo Instituto de Cooperação Económica Internacional (ICEI) como Team Leader e, cujo objectivo principal centra-se na restauração de habitats costeiros e na promoção da geração de renda pelas comunidades costeiras, incluindo a promoção de turismo sustentável. As intervenções do projecto para a mitigação destes potenciais impactos serão “Soluções Baseadas na Natureza [NbS]” - acções que visam proteger, gerir de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais que sofreram modificações, beneficiando tanto as pessoas como a natureza. A restauração e conservação dos mangais constituirão as principais formas de intervenção, sendo que a iniciativa também contempla a capacitação das comunidades locais com vista ao engajamento nas actividades de restauração e conservação da biodiversidade para assegurar uma exploração sustentável dos recursos deles derivados.

DADOS DO ENTREVISTADO

Nome do entrevistado:

Idade _____ Género _____ Profissão _____

Local de residência (proximidade do mangal – km) _____

Tempo de residência na área _____ Tamanho do agregado familiar _____

Estado Civil (Solteiro, Casado, Morando Junto, Separado, Viúvo (a)) _____

Etnia (Ronga/ Bitonga/ Tswa/ Outros) _____

Nível de escolaridade (nenhum, primário, nível secundário (incompleto), certificado de nível secundário _____

Rendimento Médio Mensal (MZN):

a) < 3 000; b) 3 000–9 000; c) 9 001–15 000; d) 15 001–22 000 e) > 22 000

QUESTÕES

1. As florestas de mangal trazem benefícios, prejuízos ou não fazem diferença para si e o bairro onde vive? Dê exemplos de benefícios e prejuízos.
2. Utiliza algum recurso do mangal? Quais? Com que frequência?
3. Conhece alguém que utilize os recursos do mangal? Quais?
4. Sabe se os usos de recursos das florestas de mangal mudaram ao longo dos anos - e como ocorreram essas mudanças?
5. Existem locais/florestas de mangal importantes culturalmente?
6. Qual é o estado de conservação das florestas de mangal adjacentes ao seu bairro? (excelente, bom, razoável, mau, muito mau)
7. (Mapa: ganhos ou perdas de mangal entre 2013 e 2022). Conhece as causas de mudança da área? Quais? (detalhar causas de ganho e perdas). Tirar fotografia do mapa com os *post it*.
8. Como é que o bairro está organizado para melhorar a sua resiliência – eg. Efeitos da subida do nível da água/ erosão? Existem medidas de gestão e conservação?

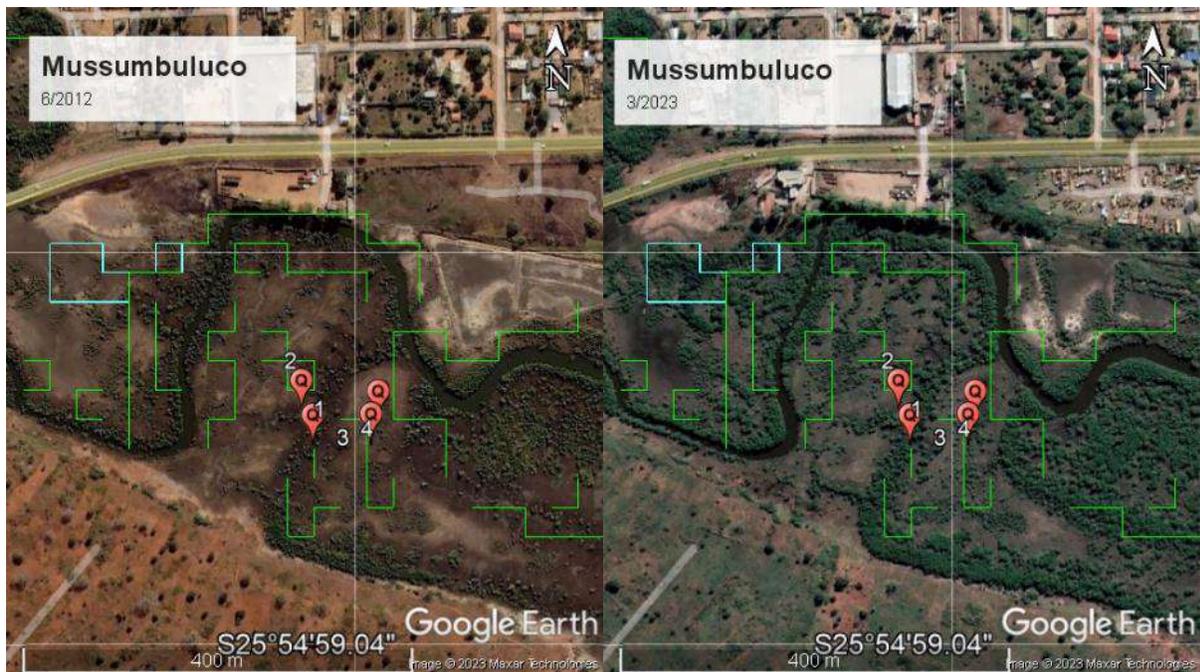
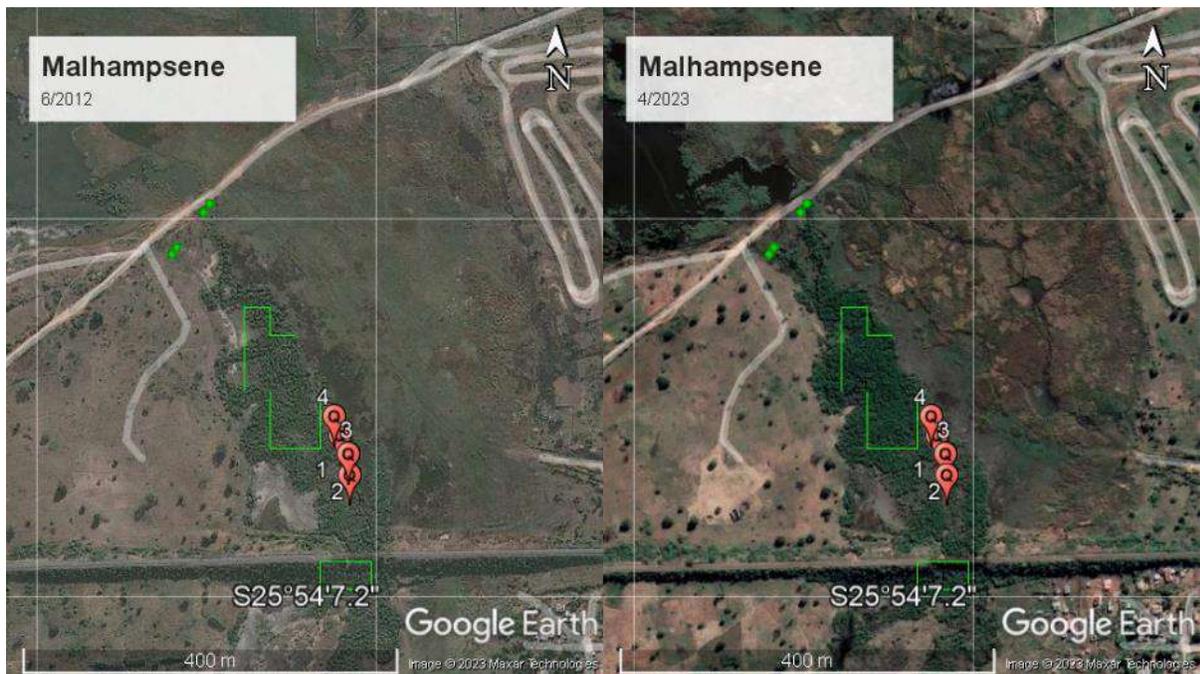
Anexo 2. Plano de actividades do trabalho de campo.

Dia	Hora	Actividade
20/09/2023	07:00	Partida Maputo - Matola
	8:30 -11:45	Encontro na Administração; Entrevistas na Matola A
	12:00 - 13:30	Visita de reconhecimento ao local de amostragem na Matola A
	14:30 -17:00	Entrevistas no Bairro de Mussumbuluco
	17:30 -18:15	Verificação da Inundação na Matola A
	18:30	Regresso a Maputo
21/09/2023	07:00	Partida Maputo - Matola
	8:30 -11:40	Entrevistas no Bairro de Malhampsene
	12:00 - 13:30	Visita de reconhecimento ao local de amostragem em Malhampsene
	14:30 - 17:30	Visita de Reconhecimento e verificação da inundação em Mussumbuluco
		Regresso a Maputo
26/09/2023	05:45	Partida Maputo - Matola
	06:30 - 08:07	Amostragem Ecológica na Matola A
	09:00	Regresso a Maputo
29/09/2023	07:30	Partida Maputo -Matola
	9:00 -11:30	Amostragem Ecológica em Musumbuluco
	13:00	Entrevista com o Sr Zacarias Nhantumbo e outros (Sathuma, Matola D)
	15h30	Regresso a Maputo
02/10/2023	08:30	Partida Maputo - Matola
	09:00 -11:30	Amostragem Ecológica em Malhampsene
	12:30	Regresso a Maputo
03/10/2023	09:00	Partida Maputo – Estuário do Espírito Santo (kaTembe)
	09:30 -12:06	Amostragem
	12:30	Regresso à Maputo
06/10/2023	09:30	Partida Maputo - Estuário do Espírito Santo (confluência dos rios Tembe, Umbelúzi e Matola)
	10:30 -13:36	Amostragem
	14:00	Regresso a Maputo
09/10/2023	05:45	Partida Maputo -Rio Maputo
	06:30 08:30	Amostragem
	11:30	Regresso à Maputo

Anexo 3. Ficha colecta de dados: árvores adultas e mudas estabelecidas (Quadrículas).

Projecto:		Província:	
Data:		Local:	
Team Líder:		Outros:	
Descrição do ecossistema:			
Descrição geral do estado do mangal - Area com acesso, corte, colecta de animais - tipo de substrato arenoso, lodoso			
Identificação e avaliação das alterações ao ambiente original das manchas de mangal que impedem a sucessão secundária natural (identificação de obstáculos – eg. Salinas; casas)			
Concepção de restauração hidrológica, remoção ou eliminação de bloqueios à circulação de água (abertura de canais).			
GPS Coordenadas			
Pontos limites da inundação durante: (acrescentar detalhes da amplitude da maré/hora de pico)			
Maré cheia		Maré vazia	
Lat	Long	Lat	Long

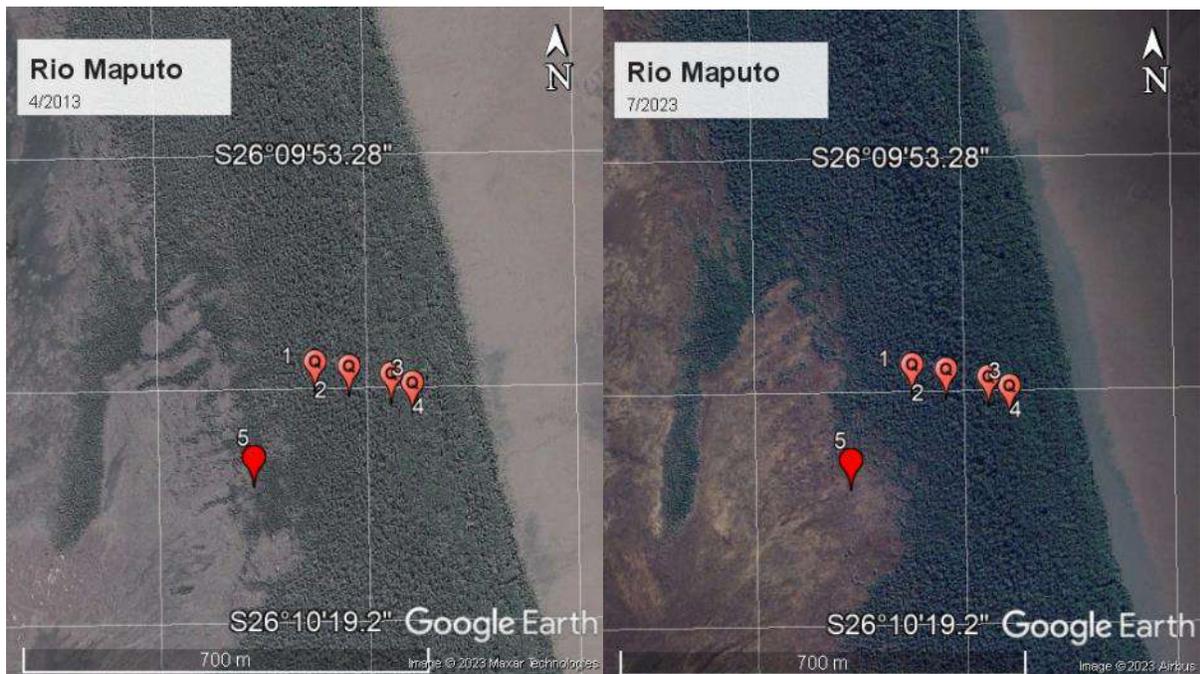
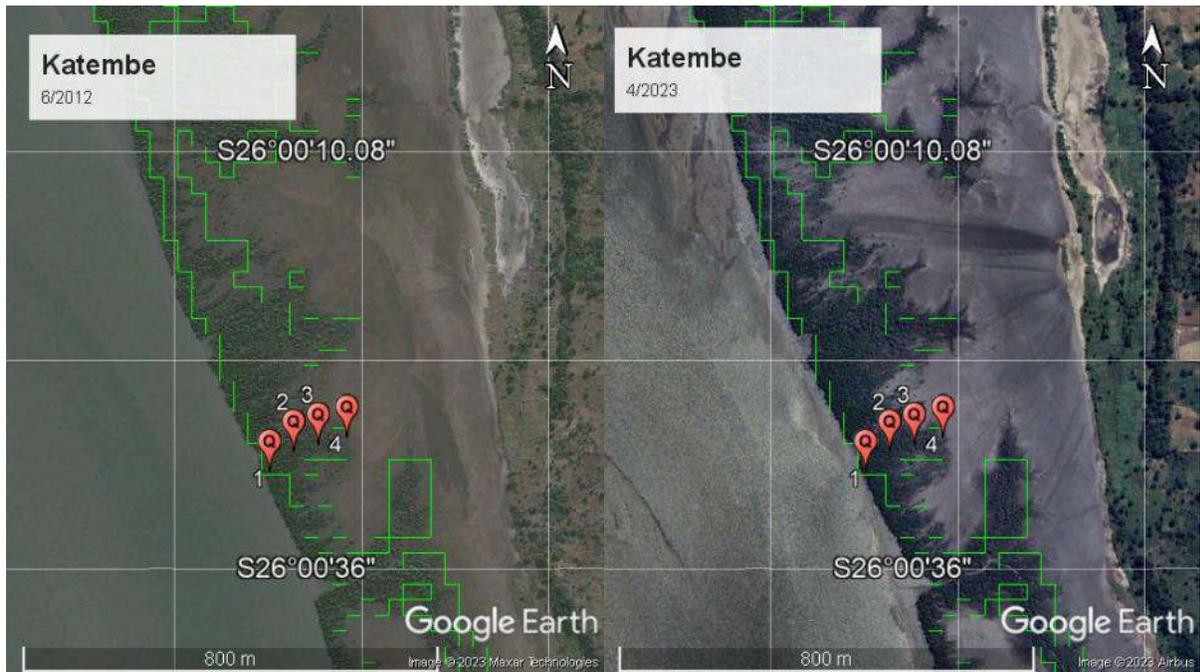
Anexo 6. Localização das quadrículas nas áreas amostradas.



ANEXO 6. Continuação.



ANEXO 6. Continuação.



Anexo 7. Resultados das análises laboratoriais de carbono do solo.



INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO AGRÁRIA DE MOÇAMBIQUE
DIRECÇÃO DE AGRONOMIA E RECURSOS NATURAIS
LABORATÓRIO DE SOLOS PLANTAS E AGUAS

Cliente: Fundação Likhulu

Local: Maputo

Data: 13/11/2023

Nr. lab.	Unidade de solo	Nr.de solo			%
			Prof. Sup.	Prof. Inf.	C
888	cm	Ligamo-1	0	15	2,53
889	cm	Ligamo-1	15	30	2,27
890	cm	Ligamo-1	30	50	1,86
891	cm	Lingamo 2	0	15	2,15
892	cm	Lingamo 2	15	30	2,06
893	cm	Lingamo 2	30	50	1,74
894	cm	Lingamo Mato	0	15	1,60
895	cm	Lingamo Mato	15	30	1,59
896	cm	Lingamo Mato	30	50	1,42
897	cm	Lingamo Mato	50	100	1,35
898	cm	Espirito santo Q4	0	15	0,95
899	cm	Espirito santo Q5	15	30	0,86
900	cm	Espirito santo Q6	30	50	0,83
901	cm	Espirito santo Q7	50	100	0,77
902	cm	Espirito santo Quadrado 2	0	15	0,80
903	cm	Espirito santo Quadrado 2	15	30	0,85
904	cm	Espirito santo Quadrado 2	30	50	0,61
905	cm	Espirito santo Quadrado 2	50	100	0,57
906	cm	RMPT Q1	0	15	1,06
907	cm	RMPT Q1	15	30	0,99
908	cm	RMPT Q1	30	50	0,90
909	cm	RMPT Q1	50	100	0,30



951	cm	Cemiterio RMPT	15	30	0,91
952	cm	Cemiterio RMPT	30	50	0,88
953	cm	Cemiterio RMPT	50	100	0,85
954	cm	RMPT Q3	0	15	1,71
955	cm	RMPT Q3	15	30	1,70
956	cm	RMPT Q3	30	50	1,67
957	cm	RMPT Q3	50	100	1,62
958	cm	Mussumbu 1	0	15	0,65
959	cm	Mussumbu 1	15	30	0,58
960	cm	Mussumbu 1	30	50	0,55
961	cm	Mussumbu 1	50	100	0,50
962	cm	Mussumbu-4	0	15	0,25
963	cm	Mussumbu-4	15	30	0,22
964	cm	Mussumbu-4	30	50	0,20
965	cm	Mussumbu-4	50	100	0,35
966	cm	Mussumbu-3	0	15	0,49
967	cm	Mussumbu-3	15	30	0,27
968	cm	Mussumbu-3	30	50	0,29
969	cm	Mussumbu-3	50	100	0,12

O Responsável do Laboratório

P. Chichongue

Oscar Chichongue

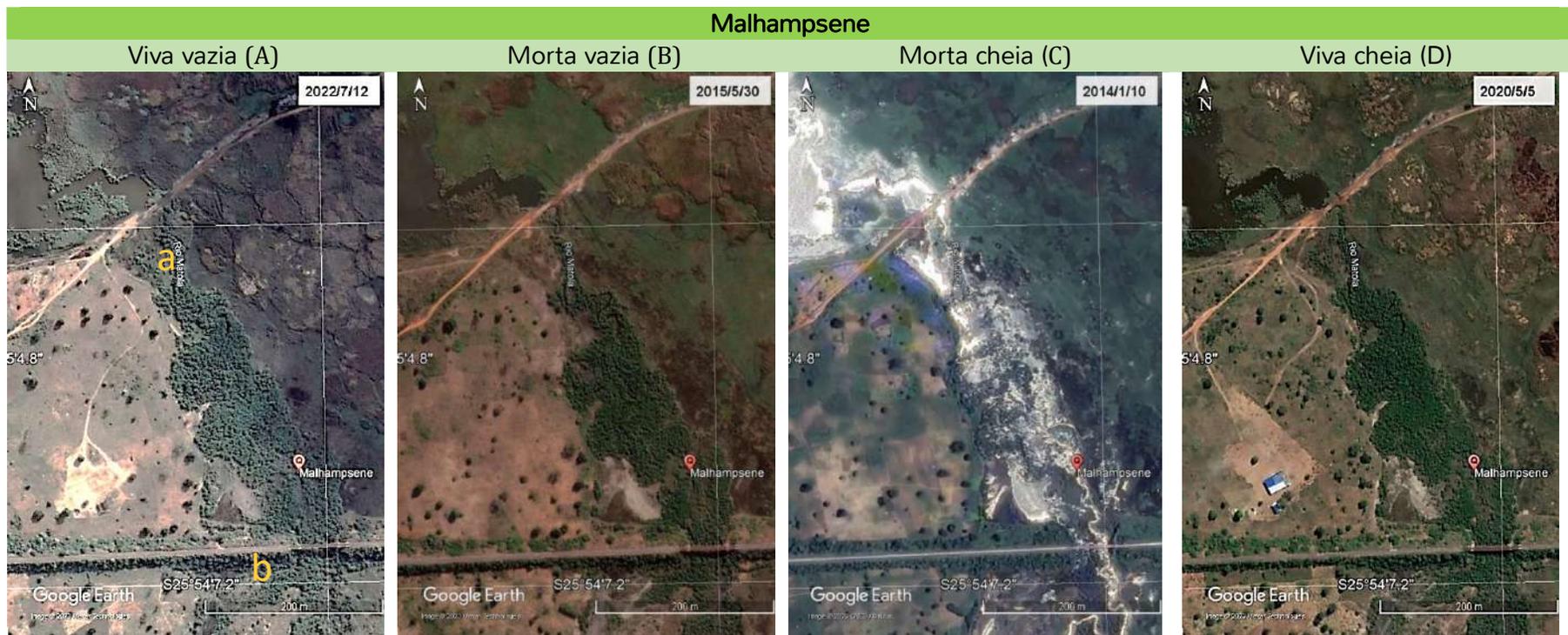
(Investigador Assistente)



910	cm	Musumb 2	0	15	0,44
911	cm	Musumb 2	15	30	0,49
912	cm	Musumb 2	30	50	0,39
913	cm	Musumb 2	50	100	0,38
914	cm	Lingamo 3 Matola-A	0	15	1,16
915	cm	Lingamo 3 Matola-A	15	30	1,22
916	cm	Lingamo 3 Matola-A	30	50	1,15
917	cm	Lingamo 3 Matola-A	50	100	1,12
918	cm	RMPT Q2	0	15	0,49
919	cm	RMPT Q2	15	30	0,48
920	cm	RMPT Q2	30	50	0,47
921	cm	RMPT Q2	50	100	0,36
922	cm	Espirito santo Q3	0	15	1,05
923	cm	Espirito santo Q3	15	30	1,04
924	cm	Espirito santo Q3	30	50	0,67
925	cm	Espirito santo Q3	50	100	0,56
926	cm	S.Catembe Q1	0	15	0,99
927	cm	S.Catembe Q1	15	30	0,95
928	cm	S.Catembe Q1	30	50	0,92
929	cm	S.Catembe Q1	50	100	0,86
930	cm	E.S Q-4	0	15	1,53
931	cm	E.S Q-4	15	30	1,51
932	cm	E.S Q-4	30	50	1,48
933	cm	E.S Q-4	50	100	1,43
934	cm	Espirito santo site-1 Q3	0	15	1,14
935	cm	Espirito santo site-1 Q3	15	30	1,09
936	cm	Espirito santo site-1 Q3	30	50	0,99
937	cm	Espirito santo site-1 Q3	50	100	0,79
938	cm	RMPT Q4	0	15	1,58
939	cm	RMPT Q4	15	30	1,47
940	cm	RMPT Q4	30	50	1,46
941	cm	RMPT Q4	50	100	1,44
942	cm	Q.2 ES. Catembe	0	15	1,78
943	cm	Q.2 ES. Catembe	15	30	1,68
944	cm	Q.2 ES. Catembe	30	50	1,70
945	cm	Q.2 ES. Catembe	50	100	1,68
946	cm	Espirito santo Q1 site 2	0	15	0,87
947	cm	Espirito santo Q1 site 2	15	30	0,85
948	cm	Espirito santo Q1 site 2	30	50	0,77
949	cm	Espirito santo Q1 site 2	50	100	0,68
950	cm	Cemiterio RMPT	0	15	0,93



Anexo 8. Influência das marés na inundação das áreas de estudo (Malhampsene, Mussumbuluco e Matola) determinada através de imagens satélite disponíveis.



O Rio Matola tem dois bloqueios em Malhampsene (representado na imagem pelas letras *a* e *b*) que reduzem o fluxo de água, afectando o crescimento do mangal tal como foi observado no local de amostragem. A área de inundação em Malhampsene tem pouca influência das marés. (Q Malhampsene representa a Quadrícula 2 do levantamento ecológico (25°54'3.35"S; 32°25'16.68"E).

Mussumbuluco

Viva vazia (A)

Morta vazia (B)

Morta cheia (C)

Viva cheia (D)



A inundação em Mussumbuluco tem influência das marés e da topografia local. O marcador *Q Mussumbuluco* representa a quadrícula 2 do levantamento ecológico (25°54'51.30"S; 32°25'28.74"E). A área a amarelo delimita uma salina inactiva (inactiva apartir de finais de 2009).



Legend

- C** 2014/1/10
- B** 2015/05/30
- A** 2022/7/12
- D** 2023/7/18
- R6** Local proposto para replantio R6

2021/7/29
Maré viva (0.9 - 3.0 m)

100 m



Nesta secção de Mussumbuluco, o Rio Matola possui meandros e braços pequenos. A área inundada durante a maré morta cheia (5 a 15 metros do curso de água) corresponde à área de maior cobertura de mangal. A abertura de canais, a partir do canal secundário, é necessária para o estabelecimento das mudas no local proposto para o replantio R6 (25°54'48.61"S; 32°25'18.62"E) e R7 (25°54'47.91"S; 32°25'29.02"E) – áreas delimitado a laranja na imagem A. e B., respectivamente). O local R8 (25°54'46.20"S; 32°25'32.55"E), proposto para o replantio com estabilização das mudas, caracteriza-se por possuir erosão mas também um braço do rio e proximidade a uma salina inactiva. A protecção desta área deve ser considerada uma prioridade em termos de protecção costeira. Adjacente a esta área pode ser visualizada uma terminal de autocarros.

Matola A

Viva vazia (A)



Morta vazia (B)



Morta cheia (C)



Viva cheia (D)



Esta área da Matola possui várias salinas. As imagens aqui apresentadas mostram uma salina inactiva, delimitada a amarelo (imagens satélite sugerem já estar inactiva antes de 2002) e várias casas na zona adjacente ao banco lodoso.



A imagem representa a fase enchente da maré viva. As barreiras e a elevação da salina ainda são visíveis (após mais de uma década), sendo que as áreas com maior elevação não são inundadas. A restauração da área da salina (caso haja consenso entre as diferentes partes interessadas) requer restauração hidrológica. Os limites da salina não são bem evidentes na margem dos locais R34 (25°58'27.53"S; 32°26'23.11"E) e R35 (25°58'26.89"S; 32°26'25.56"E). Estas áreas podem ter feito parte da área atribuída às salinas inactivas. Um estudo especialista em hidrologia deve avaliar formas de mitigar efeitos negativos para os residentes, dada a proximidade das casas – que actualmente sofrem inundações durante as marés vivas de maior amplitude (marcador azul – casa sujeita à *inundação*).

Estuário Espírito Santo

Viva vazia (A)



Morta vazia (B)



Morta cheia (C)



Viva cheia (D)

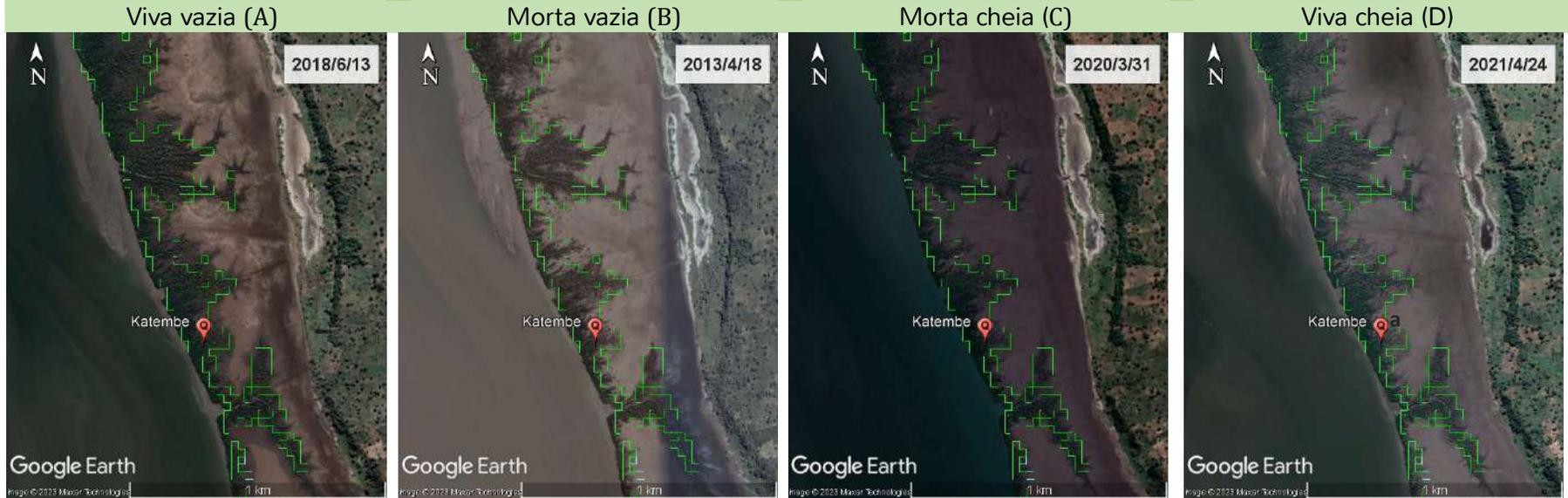


O Estuário Espírito Santo, área de confluência dos rios Tembe, Matola e Umbelúzi, é fortemente influenciado pelas marés. Observações de campo evidenciam a exposição à erosão principalmente na margem oriental.



As imagens satélite não permitem detectar os limites de inundação nas máres cheias, sendo apenas visível o substrato na linha costeira durante a maré vazia. Dada a capacidade de regeneração local, intervenções nesta área devem cingir-se à protecção costeira e sensibilização ambiental.

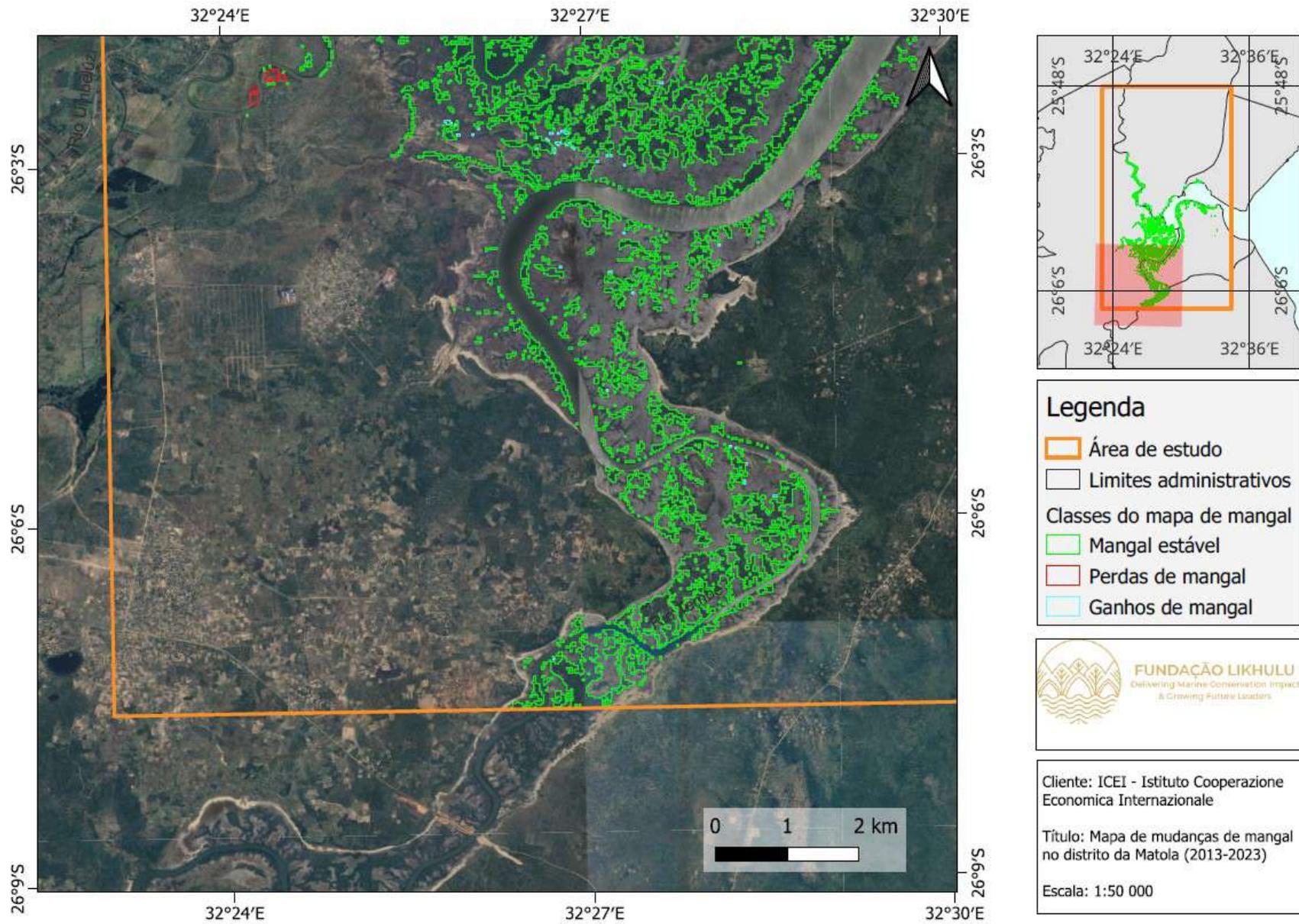
Katembe

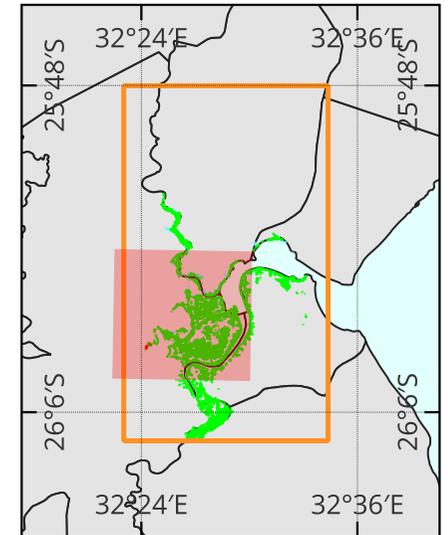
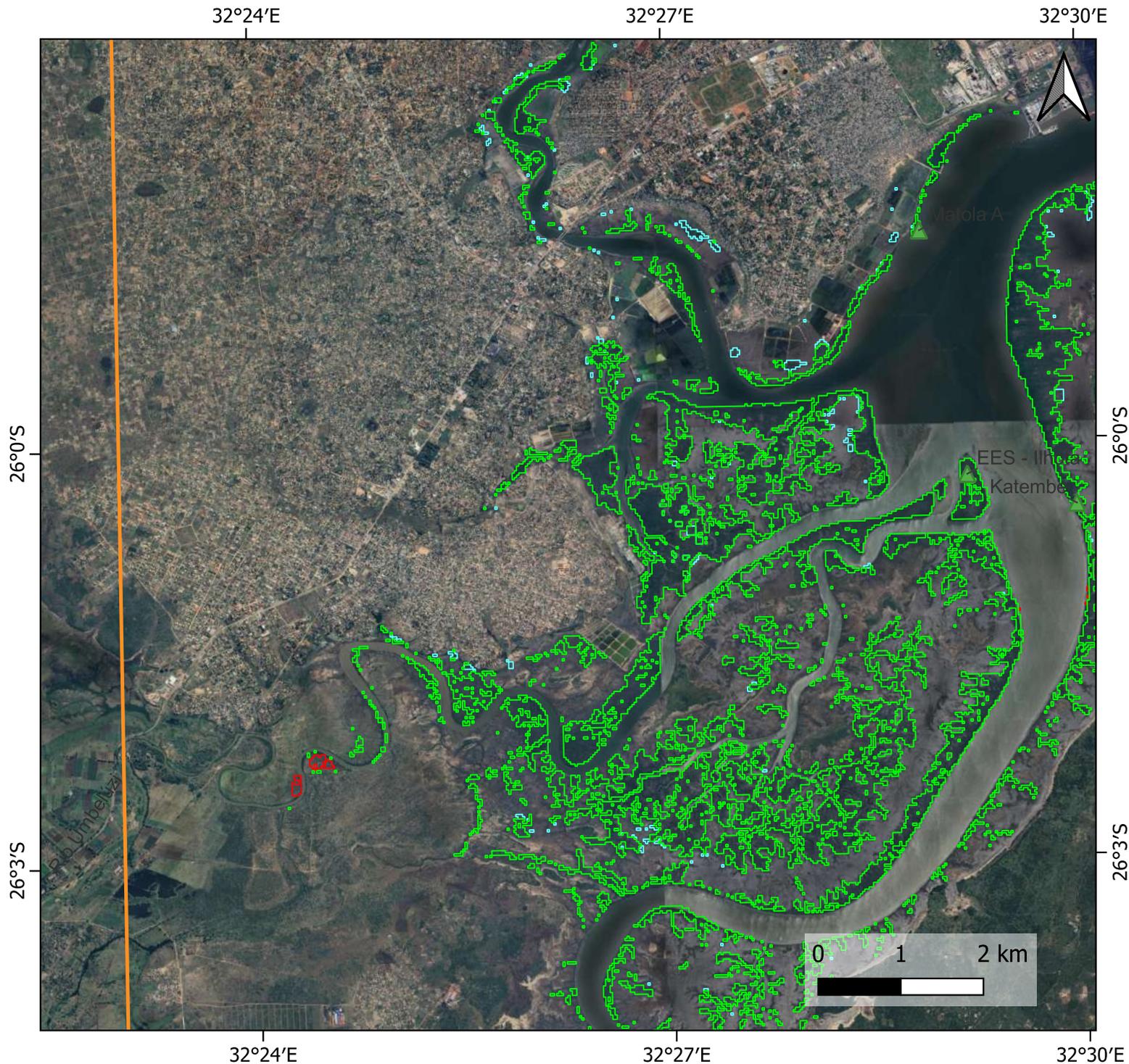


A Katembe apresenta uma extensa área intertidal e mangal estável. A área adjacente não possui infraestruturas.



Anexo 9. Mosaico do mapa de mudanças de mangal no distrito da Matola e Estuário do Espírito Santo (2013-2023)





Legenda

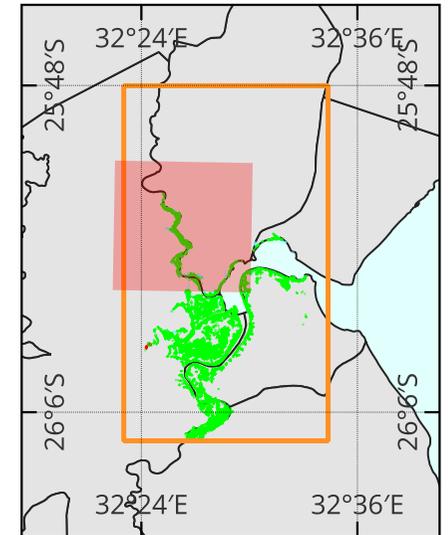
-  Área de estudo
-  Limites administrativos
- Classes do mapa de mangal**
-  Mangal estável
-  Perdas de mangal
-  Ganhos de mangal



Cliente: ICEI - Istituto Cooperazione Economica Internazionale

Título: Mapa de mudanças de mangal no distrito da Matola (2013-2023)

Escala: 1:50 000



Legenda

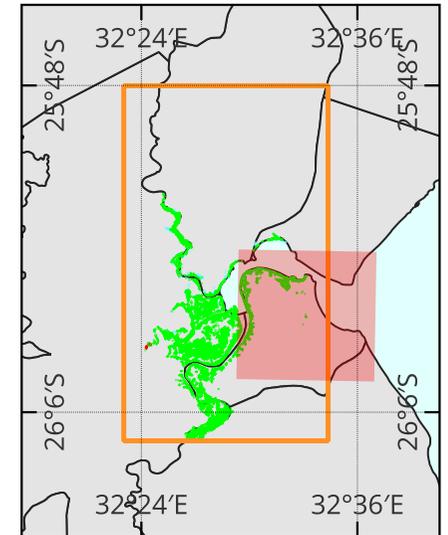
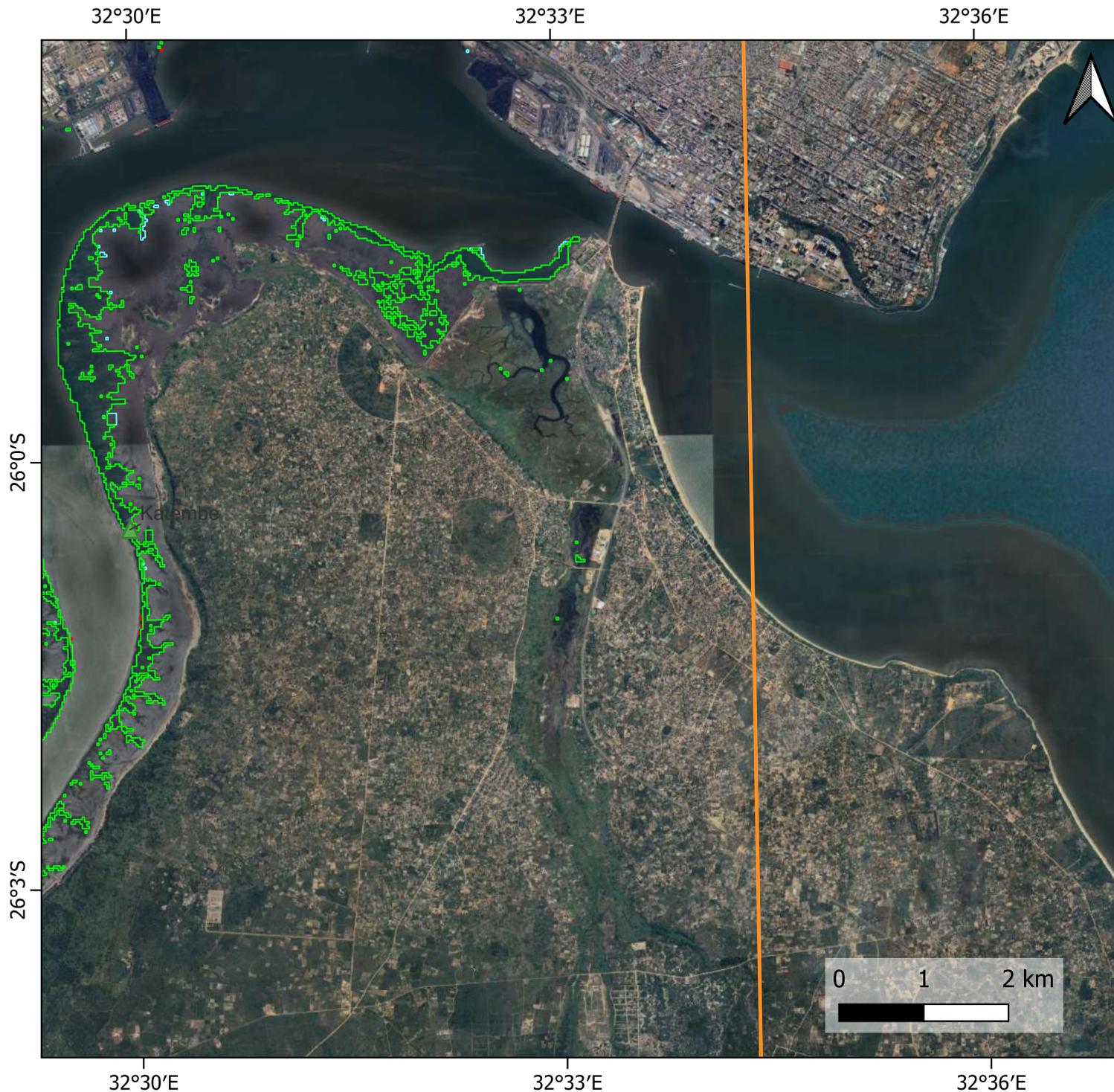
-  Área de estudo
-  Limites administrativos
- Classes do mapa de mangal
-  Mangal estável
-  Perdas de mangal
-  Ganhos de mangal



Cliente: ICEI - Istituto Cooperazione Economica Internazionale

Título: Mapa de mudanças de mangal no distrito da Matola (2013-2023)

Escala: 1:50 000



Legenda

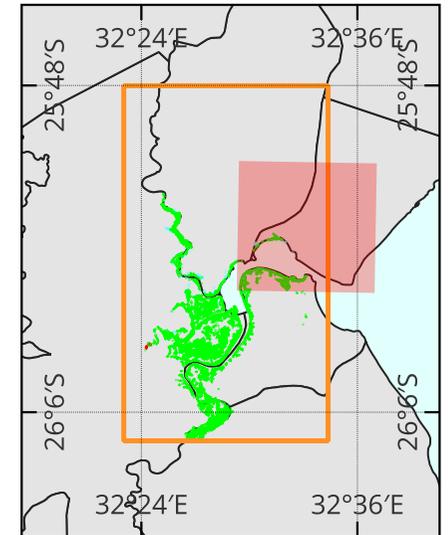
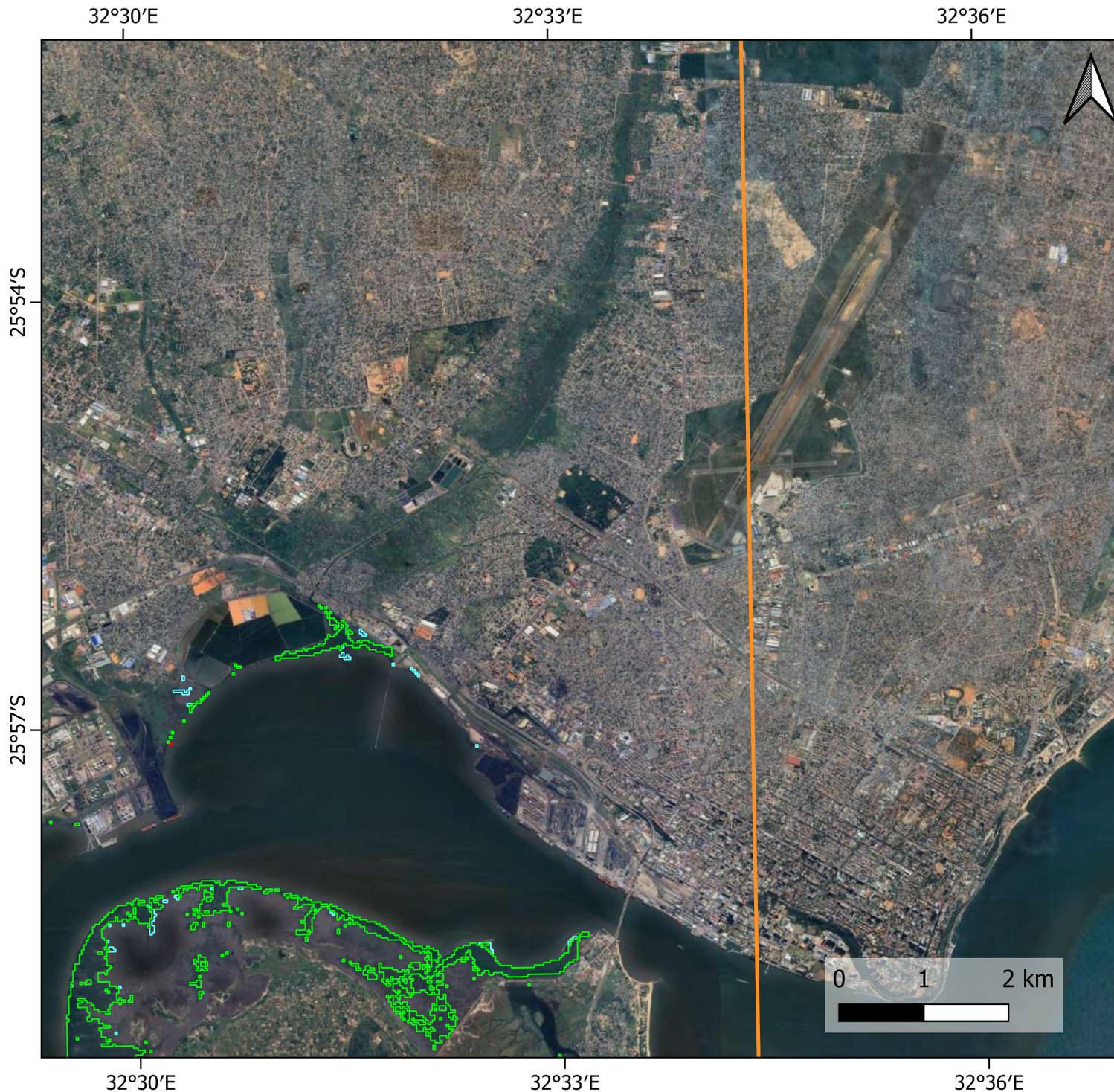
-  Área de estudo
-  Limites administrativos
- Classes do mapa de mangal
-  Mangal estável
-  Perdas de mangal
-  Ganhos de mangal



Cliente: ICEI - Istituto Cooperazione Economica Internazionale

Título: Mapa de mudanças de mangal no distrito da Matola (2013-2023)

Escala: 1:50 000



Legenda

-  Área de estudo
-  Limites administrativos
- Classes do mapa de mangal
-  Mangal estável
-  Perdas de mangal
-  Ganhos de mangal



Ciente: ICEI - Istituto Cooperazione Economica Internazionale

Título: Mapa de mudanças de mangal no distrito da Matola (2013-2023)

Escala: 1:50 000