



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Trabalho de Licenciatura em Engenharia do Ambiente

**Estimativa do caudal ambiental para o estuário de
Rio Incomáti**

Autor

Zubaida da Conceição Esperança

Supervisores:

Professor Doutor Dinis Juízo, Eng.º

Co-supervisores:

Prof. Doutor Clemêncio Nhantumbo, Eng.º

Lic. Dominic Joaquim, Eng.º

Lic. Michaque Lourenço Dosse, Eng.º

Maputo, Novembro de 2023

Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia Química
Curso de Licenciatura em Engenharia do Ambiente

Trabalho de Licenciatura

Estimativa de caudal ambiental para o estuário de Rio Incomáti

Autor

Zubaida da Conceição Esperança

Supervisores:

Professor Doutor Dinis Juízo, Eng.º

Co-supervisores:

Prof. Doutor Clemêncio Nhantumbo, Eng.º

Lic. Dominic Joaquim, Eng.º

Lic. Michaque Lourenço Dosse, Eng.º

Maputo, Novembro de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que a estudante finalista **Zubaida da Conceição Esperança** entregou no dia ____ / ____ /2023 as ____ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: _____ Intitulado **Estimativa de caudal ambiental para o estuário de Rio Incomáti.**

Maputo, _____ de _____ 20 _____

A chefe da Secretaria

Declaração de Honra

Eu, Zubaida da Conceição Esperança, declaro por minha honra que o presente Trabalho de Licenciatura com o tema “***Estimativa de Caudal ambiental para o estuário de Rio Incomáti***” é integralmente da minha autoria, realizado sob supervisão do Professor Dinis Juízo, Eng.º e Prof. Clemêncio Nhantumbo, Eng.º co-supervisão de Lic. Dominic Joaquim, Eng.º e Lic. Michaque Dosse, Eng.º. Declaro também que nunca foi submetido nesta e em outras instituições do ensino superior para obtenção de qualquer grau académico ou qualquer fim que seja.

Maputo, _____ de 2023

Supervisor

(Professor Doutor Dinis Juízo, Eng.º)

Co-supervisores

(Professor Doutor Clemêncio Nhantumbo, Eng.º)

(Lic. Michaque Dosse, Eng.º)

(Lic. Dominic Joaquim, Eng.º)

Chefe do departamento

(Professor Doutor Clemêncio Nhantumbo, Eng.º)

Autor

(Zubaida da Conceição Esperança)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família em especial à minha avó Amélia Tsambe.

*"Belas flores, não escolhem a beleza dos vasos,
mas sim o solo fértil,
para florir e bons ventos para expelir o seu cheiro"*

Francisco Ferreira dos Reis

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pelo dom da vida, sabedoria e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos que fui encontrado ao longo do curso. Agradeço aos meus pais pela vida e aos meus irmãos pelo incentivo nos momentos difíceis e pelos ensinamentos, princípios morais, que me ajudaram a ser uma pessoa melhor na sociedade. E em especial agradeço aos meus irmãos Francisco Esperança e Cremildo Max pela educação e acompanhamento por eles dados, Amelia Ngoca e Eduardo Nhamona pelo apoio incondicional e Habibo Esperança por ter me ensinado a ser resiliente desde a infância.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Ambiente da Faculdade de Engenharia pelos ensinamentos e correções que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação académica. Agradeço em especial aos meus supervisores, o Professor Dinis Juizo e ao Prof Clemêncio pela empatia, ensinamentos, incentivo, orientações e confiança durante o trabalho. Agradeço também em especial aos meus cossupervisores, o Michaque Dosse e ao Dominic Joaquim pelo acompanhamento, ensinamentos e incentivo durante a realização deste trabalho.

Agradeço as minhas amigas e irmãs, Sílvia Samboco e Dúlcia Nhacumane, pela força, pelo companheirismo e incentivo, e por suportarem as minhas reclamações antes e durante a minha formação.

Agradeço aos meus colegas e amigos do ano 2019 do curso de Engenharia do Ambiente, em especial ao Orlando Macuacua, Dânio Nhangal, Eive Nhone, Milene Charifo, Jemima Guambe, Neidy Mucaúque, Emerson Da Silva, Dinho Fernando, Ivan Nhuana pelos bons momentos passados em “*La Familia*” e pelo apoio mútuo durante a formação. Agradeço também aos demais colegas pelo apoio durante a minha formação.

Agradeço ao projecto Eflows-Moz pela oportunidade de poder participar com este tema. Agradeço também aos estudantes dos departamentos de Ciências Biológicas e Engenharia Química da Universidade Eduardo Mondllane pela partilha dos dados em especial à Vânia, Yolanda, Anária, Sílvio, Mery e a Vilma.

RESUMO

Nas últimas décadas, o crescimento demográfico levou a um aumento exponencial da demanda da água. Em meio ao dilema entre a necessidade de preservar os ecossistemas aquáticos e ribeirinhos, e a demanda para a captação de água de rios para diversos usos, surge o problema de redução dos caudais dos rios alterando significativamente as condições ecológicas dos ecossistemas ribeirinhos, particularmente dos ecossistemas próximos a costa devido a intrusão salina. Neste âmbito, este trabalho tem como objectivo estimar caudal ambiental para o estuário de Rio Incomáti considerando a modelagem ecossistémica. A modelagem ecossistémica exige informação biológica, físico-química e informação social e económica do local. Para o efeito, foi compilada informação (1) biológica, que inclui fitoplâncton, zooplâncton, a macrofauna e pássaros; (2) sobre serviços ecossistémicos, (3) de qualidade água e (4) hidrológica disponível para o estuário do Rio Incomáti. Com base na informação disponível e consulta às partes interessadas chegou-se a conclusão de que para preservar as condições ecológicas e disponibilidade de serviços ecossistémicos deve-se conter a intrusão salina à 30 km da boca do estuário. Com base na modelação hidrológica e da qualidade da água, particularmente da intrusão salina, estimou-se o caudal ambiental para conter a intrusão salina a 30 km da boca do estuário é de 80 m³/s. No entanto, o caudal estimado pela modelação não pode ser garantido durante todo o ano, segundo a ARA-Sul, devido a limitações de infraestruturas hidráulicas. Como o caudal proposto foi estimado considerando condições extremas, marés altas do equinócio, pode se considerar manter o caudal de 80 m³/s para os meses de Março e Setembro, durante as marés do equinócio e um caudal de 40 m³/s para os restantes meses. Caso a intrusão salina exceda os 30 km, devem se adoptar medidas de gestão para a preservar as áreas agrícolas da zona de Hobjana. O caudal ambiental estimado neste estudo pode ser melhorado considerando incluir o transporte de sedimento e medições no terreno.

Palavras-chave: caudal ambiental, modelagem ecossistémica, pássaros, serviços ecossistémicos, Rio Incomáti.

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objectivos	2
1.1.1. Objectivo geral	2
1.1.2. Objectivos específicos.....	2
1.2. Metodologia.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Caudais Ambientais.....	4
2.2. Histórico de avaliação de caudais ambientais	5
2.3. Métodos de estimativa de caudal ambiental	7
2.3.1. Métodos hidrológicos	8
2.3.2. Métodos hidráulicos	8
2.3.3. Métodos de simulação de habitat.....	8
2.3.4. Métodos holísticos	9
2.3.5. Modelagem ecossistémica	9
2.3.5.1. Marés	10
2.3.5.2. Salinidade e Conductividade eléctrica	10
2.3.5.3. Biodiversidade	11
2.4. Intrusão salina.....	12
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	14
3.1. Bacia do Rio Incomáti	14
3.1.1. Clima.....	14
3.1.2. Geologia e geomorfologia	16
3.1.3. Topografia	16
3.1.4. Solos.....	16
3.1.5. Uso e cobertura de terra	17
3.1.6. Estruturas hidráulicas existentes na bacia do rio Incomáti	17
3.2. Estuário de Incomáti.....	18
3.2.1. Geologia.....	20
3.2.2. Clima.....	20
3.2.3. Solo e vegetação	20
3.2.4. Vegetação estuarina.....	21
3.2.5. Fauna.....	21
3.2.6. Espécies de peixes de água doce	22
3.2.7. Ambiente Estuarino	22
3.2.8. Histórico das actividades socioeconômicas.....	23
3.2.9. Potencial de agricultura para o baixo Incomáti	24
4. ANÁLISE DE CENÁRIOS DE ACTIVIDADES NO ESTUÁRIO DO RIO INCOMÁTI	25
4.1. Ecologia do estuário do Rio Incomáti	25
4.2. Serviços ecossistémicos e comércio	33
4.3. Hidrologia e Qualidade de Água.....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1. Hidrologia e qualidade de água.....	43
5.2. Ecologia e serviços ecossistémicos	44
5.3. Alocação da água na bacia no rio Incomáti	48
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
8. Anexos	62
9. Época chuvosa.....	98

Abreviações e acrónimos

ARA-Sul	Administração Regional de Águas do Sul
CE	Conductividade eléctrica
Cfs	Cubic foot per seconds (pés cúbicos por segundo)
Eflows	Environmental flows (caudais ambientais)
H'	Índice de Shannon-Winier
J	Índice de equabilidade de Pielou
LQAC	Lei da Qualidade Ambiental da Califórnia
LPAN	Lei de Política Ambiental Nacional
m³/s	metros cúbicos por segundo
mS/cm	milisemens por centímetro
ppt	partes por trilhão
Psu	Unidade de salinidade pratica
µS/cm	microsemens por centímetro

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o crescimento demográfico levou a um aumento exponencial da demanda e consumo de água, resultando na intensificação do conflito entre a utilização dos recursos hídricos, nomeadamente como fonte de água e energia, e a sua conservação em termos de biodiversidade e integridade dos ecossistemas ribeirinhos (Longhi & Formiga, 2011; Martins, 2012). Esta realidade tornou-se ainda mais complexa à medida que a sociedade ganhou consciência de que os rios “necessitam” de água, em quantidade e qualidade, suficiente para assegurar a manutenção dos ecossistemas ribeirinhos e dos usos. O balanço adequado entre utilização da água e manutenção de sua estrutura natural permite o uso contínuo, no presente e no futuro. Uma das variáveis necessárias a fim de possibilitar a continuidade das funções oferecidas pela água é a manutenção de caudais mínimos que suportem o ecossistema aquático (Longhi & Formiga, 2011).

Em meio ao dilema entre a preservação dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos, e a demanda para a captação de água de rios para diversos usos, surge um problema de redução dos caudais dos rios que alteram significativamente as condições ecológicas dos ecossistemas ribeirinhos, particularmente dos ecossistemas próximos a costa devido a intrusão salina.

A intrusão salina é uma preocupação importante para os ambientes costeiros e estuarinos em todo o mundo, influenciando os tempos de residência da água e induzindo importantes modificações biológicas na abundância de espécies, composição e distribuição, e no fornecimento de água para actividades de comunidades costeiras, como usos industriais, irrigação, fertilidade e cultivo do solo (Almeida & Silva Junior, 2007; Nicholls & Cazenave, 2010; Pereira et al., 2022). A sua importância ecológica é muito elevada, pois proporcionam estatutos de protecção significativos relacionados com a sua elevada produção primária, abrigos e viveiros de peixes.

O reconhecimento de que os estuários necessitam de água doce para manter a sua saúde e produtividade e a metodologia sobre como determinar suas necessidades de fluxo ecológico é um campo de estudo relativamente novo. Portanto, este trabalho faz parte do projecto EFlows-Moz e tem como objectivo estimar um caudal ambiental para

estuário de Rio Incomáti que permita controlar o regime hidrológico de modo a salvaguardar o funcionamento normal do seu ecossistema mantendo os componentes biofísicos, processos ecológicos, saúde dos ecossistemas aquáticos, e bens e serviços ecológicos associados ao estuário.

1.1. Objectivos

1.1.1. Objectivo geral

Estimar um caudal ambiental para o estuário do Rio Incomáti.

1.1.2. Objectivos específicos

- Descrever os métodos utilizados para estimar um caudal ambiental;
- Descrever o estuário do Rio Incomáti, sua importância e seus serviços ecossistémicos e sociais;
- Compilar a informação disponíveis e adicionais sobre o estuário do Rio Incomati; e
- Propor o caudal ambiental usando método de modelagem ecossistémica.

1.2. Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido abordando uma pesquisa quali-quantitativa. Este tipo de pesquisa visa combinar elementos da pesquisa qualitativa com a quantitativa. Durante a realização do trabalho foi feita pesquisa bibliográfica, trabalho do campo e a compilação de informações disponíveis e adicionais de acordo com a seguinte sequência:

- Pesquisa bibliográfica sobre o tema através da consulta de materiais existentes, particularmente artigos científicos, livros, relatórios e dissertações relevantes, com objectivo de construir um referencial teórico sobre bacias hidrográficas e métodos usados para estimar caudais ambientais;
- Levantamento de dados e informação sobre o local de estudo, incluindo visitas no local, assim como a colecta de informação sobre a hidrologia, ecologia, qualidade de água, história e serviços ecossistémicos do local;
- Análise dos dados qualitativos e quantitativos levantados do local de estudo; e

- Elaboração do relatório final, usando ferramentas tecnológicas, como o Quantum-GIS como ferramenta de tratamento computacional de dados e informações geográficas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caudais Ambientais

Para proteger os caudais naturais e o ecossistema dos rios, o conceito de caudais ambientais (E-flows) originou-se na década de 1940 e ganhou impulso na década de 1970 visando a redução da vulnerabilidade e do risco do ambiente ribeirinho, e para garantir a sustentabilidade dos ecossistemas fluviais e ribeirinhos (Bhuiyan, 2022). O conceito de caudais ambientais evoluiu rapidamente de “caudal mínimo necessário” para “caudais ecológicos” e “fluxos ambientais” e ainda está em evolução.

Os caudais ambientais, também conhecidos como caudais internos são uma medida da quantidade e qualidade da água ao longo do tempo. Alguns autores descrevem caudais ambientais como:

- ✓ Caudais que descrevem a quantidade, o momento e a qualidade dos caudais de água necessários para sustentar os ecossistemas de água doce e estuarinos, os meios de subsistência humanos e o bem-estar que dependem deles (John et al., 2019).
- ✓ Caudais que satisfazem as necessidades dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos, concentrando-se num conjunto de caudais mínimos a manter no curso de água que permite assegurar a conservação e a manutenção dos ecossistemas aquáticos naturais, a produção das espécies com interesse desportivo ou comercial, assim como a conservação e a manutenção dos ecossistemas ripícolas, dos aspectos estéticos da paisagem ou outros de interesse científico e cultural (Lúcia et al., 2007).
- ✓ A quantidade e o cronograma dos fluxos de água doce e os níveis necessários para sustentar os ecossistemas aquáticos que, por seu turno, apoiam as culturas humanas, as economias, os meios de subsistência sustentáveis e o bem-estar (Dickens et al., 2022).

De um modo geral, caudal ambiental pode ser considerado como a quantidade de água necessária para manter as componentes, funções, processos e resiliência dos ecossistemas aquáticos, e dos bens e serviços que eles fornecem às pessoas, Figura 1.

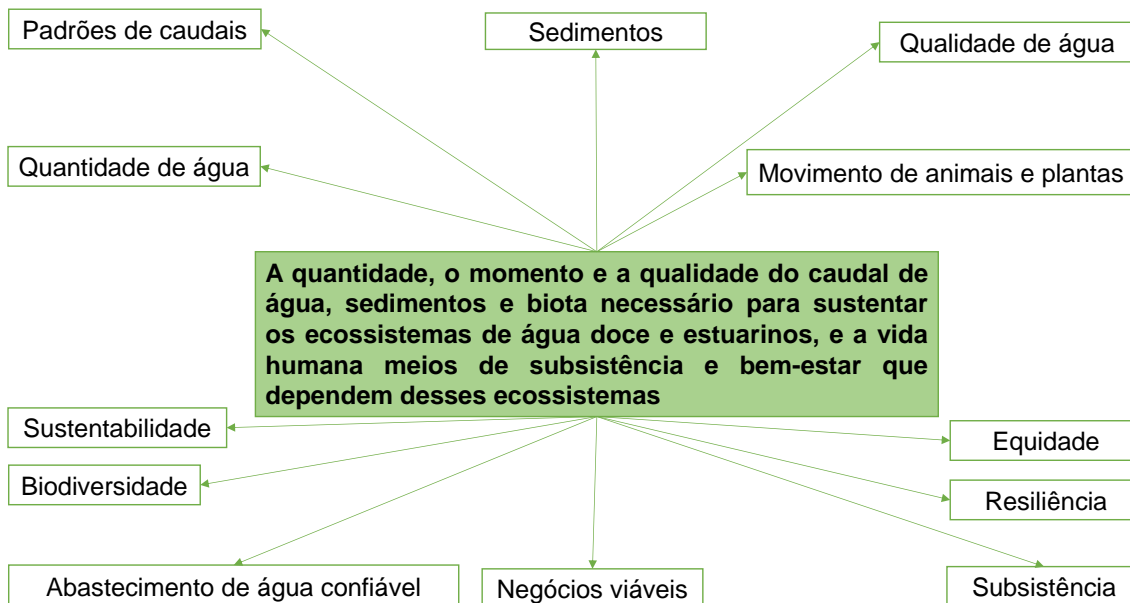


Figura 1 Caudal ambiental. Adaptado por autora.

2.2. Histórico de avaliação de caudais ambientais

O caudal ambiental, não apenas sustenta a vida de um rio, mas também os ciclos de vida dos ecossistemas fluviais e ribeirinhos. Quando o fluxo é interrompido por intervenções humanas, especificamente, a construção de barragens, canais, açudes e outras estruturas de desvio para reter ou desviar a água corrente para armazenamento, irrigação, geração de energia hidroelétrica, mitigação de secas, controlo de cheias ou recreação agrava-se intensamente o ambiente ribeirinho fica em risco, e isso verifica-se mais no último século.

Há vinte anos na Califórnia, foram feitos estudos sobre caudais ambientais para os peixes e para o ambiente, onde cada autor para estimar o caudal ambiental utilizava duas abordagens, incorporar o conhecimento existente num método e desenvolver uma nova compreensão da espécie ou do ecossistema em questão (John et al., 2019).

Williams (2006) utilizou suposições sobre a área de habitat de desova necessária para produzir uma determinada população de Salmão Chinook, e análises estatísticas simples entre caudais de primavera e retornos de adultos, para especificar metas de caudais para o rio Tuolumne, um afluente do rio San Joaquin, na Califórnia, onde concluiu que cinquenta mil *spawners* requerem 1.562.000 pés quadrados e durante o período de Março a Junho é necessário um caudal de 4.000 pés cúbicos por segundo

e para produzir 32.000 adultos necessita de um caudal de 7.500 pés cúbicos por segundo (John et al., 2019).

Utilizando a abordagem de desenvolver uma melhor compreensão científica dos ecossistemas aquáticos, Kelley (1965) iniciou um estudo com o tema Interação no Delta de Proteção de Peixes e Vida Selvagem na Califórnia, para investigar os efeitos do futuro desenvolvimento hídrico sobre os recursos de peixes e vida selvagem dependentes do estuário do rio Sacramento – San Joaquin e para recomendar medidas para proteger e melhorar esses recursos. O primeiro relatório deste estudo descreveu resultados de cerca de 2 anos de coleta e 1 ano de análise de zooplâncton, zoobentos e peixes da porção média ou baía deste estuário e de zooplâncton e zoobentos da porção superior conhecida como Delta, porém esta abordagem foi restringida porque o atendimento bem-sucedido das necessidades de caudal ambiental em córregos e rios requer a compreensão de como esses sistemas funcionam.

Em 1983, uma decisão da Suprema Corte da Califórnia, Sociedade Nacional e o Tribunal Superior, permitiu efectivamente que a secção, citada em (John et al., 2019) fosse aplicada porque exigia um equilíbrio entre os usos ambientais e de consumo da água. A Lei de Qualidade Ambiental da Califórnia (LQAC) e a Lei de Política Ambiental Nacional (LPAN) foram promulgadas em 1970, a Lei da Água Limpa em 1972 e a Lei de Espécies Ameaçadas em 1973 exigiam uma ampla avaliação dos efeitos ambientais de projectos hídricos. Desde esse momento, mudanças nas protecções dos caudais ambientais variou entre países e regiões.

No Reino Unido, uma Lei dos Recursos Hídricos que prevê caudais mínimos foi promulgada em 1963 e reforçada em 1991 e na África do Sul, leis progressistas sobre a água foram promulgadas no final da década de 1990, no período inebriante após a queda do apartheid (FAO, 1991). Os acordos internacionais tornaram-se importantes recentemente, por exemplo, a Directiva-Quadro da Água da União Europeia (Hering et al. 2010) e o Pacto dos Grandes Lagos (John et al., 2019).

Com as mudanças de protecção ambiental, vários estudos surgiram com o objectivo de adoptar novas metodologias de estimativa de caudais ambientais, tendo em conta vários factores ecológicos e hidrológicos. Por exemplo o método de Tenant propôs

uma utilização de percentagens do caudal médio anual como critério, que 30% do caudal médio proporcionaria um habitat “excelente” (Hamidifar et al., 2022; John et al., 2019). Os outros métodos propostos basearam-se em micro-habitats, definidos em termos de profundidade, velocidade e substrato (Giger, 1973), porém tem limitações porque a informação sobre micro-habitats consiste em dados físicos limitados que não são facilmente relacionados com as necessidades de alimentação e abrigo de espécies e não podem ser usados num contexto espacial.

Na Austrália e na África do Sul, foram desenvolvidas metodologias holísticas baseadas no hidrograma natural, em grande parte por cientistas universitários, nas quais um regime de caudal alvo seria definido em termos de características como caudais baixos, incluindo períodos sem caudal, a primeira grande cheia de a estação chuvosa, inundações de tamanho médio (Acreman & Dunbar, 2004; Arthington, 1998; Arthington et al., n.d.).

Em Moçambique, foram feitos alguns estudos sobre caudal necessário para reduzir a intrusão salina no estuário de Rio Incomáti, onde Macuiane (2003) concluiu que para evitar que a extensão da intrusão salina no estuário não afecte as terras de cultivo de baixo Incomáti localizadas à 20 km da boca é necessário um caudal de $8 \text{ m}^3/\text{s}$, no seu estudo usou o modelo matemático de difusão de sal que não considera as condições biológicas do local. Hoguane & António (2016) usando o modelo hidrodinâmico de maré 1-D simples, e uma solução analítica de advecção-difusão de sal que foi aplicada para reproduzir a intrusão salina, concluíram que para reduzir a extensão da intrusão salina à 20 km da boca é necessário um caudal de $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.3. Métodos de estimativa de caudal ambiental

Os métodos de caudal ambiental podem ser classificados de várias maneiras. Em 2003, Tharme distinguiu 200 diferentes métodos de estimativa de caudais ambientais que foram resumidos em métodos hidrológicos, hidráulicos, simulação de habitat, métodos holísticos, modelagem ecossistémica (Glauco et al., n.d.; Hairan et al., 2021; Hao et al., 2016; UNEP, 2020)

Os métodos de estimativa de caudais ambientais foram evoluindo desde a década de 1970 até 2018 (UNEP, 2020). Esta evolução é representada por uma mudança de

métodos hidrológicos e métodos de classificação hidráulica para simulação de habitat, métodos holísticos (preditivos e baseados em cenários) e de modelagem de ecossistemas.

2.3.1. Métodos hidrológicos

Os métodos hidrológicos são comparativamente mais simples, mais fáceis e amplamente empregados em todo o mundo (Bhuiyan, 2022), apesar de sua baixa resolução. Os métodos hidrológicos dependem dos dados de séries temporais de fluxo existentes. No entanto, a disponibilidade e fiabilidade dos dados para o cenário pré e pós-alteração é um grande desafio (Bhuiyan, 2022; John et al., 2019; UNEP, 2020). Portanto, os métodos hidrológicos muitas vezes recorrem à simulação e modelagem para projectar a linha de base (caudal natural) ou prever os impactos de uma barragem ou estruturas de captação.

2.3.2. Métodos hidráulicos

Enquanto os métodos hidrológicos abordam a relação entre o regime de caudal e a adequação do habitat para a biota do rio apenas indirectamente, os métodos de classificação hidráulica assumem uma relação entre a vazão e alguma medida hidráulica de um rio através de uma única travessia de rio (Environmental Flows, n.d.; UNEP, 2020). A influência da hidráulica dos cursos de água na distribuição da fauna bentónica ao longo do curso do rio já tinha sido destacada por vários estudos (Bhuiyan, 2022). Os métodos hidráulicos relacionam vários parâmetros da geometria dos cursos de água, tais como largura, profundidade e perímetro molhado, com base nas seções transversais pesquisadas, até as taxas de descarga (UNEP, 2020).

2.3.3. Métodos de simulação de habitat

Os métodos de simulação de habitat também são chamados de métodos de modelagem de habitat, métodos de classificação de habitat ou métodos de micro-habitat (Environmental Flows, n.d.). Estes métodos são uma extensão dos métodos hidráulicos, pois também utilizam as condições hidráulicas, que satisfazem os requisitos específicos de habitat para a biota, para determinar os requisitos de caudal (John et al., 2019). Enquanto algumas características do habitat físico (profundidade e velocidade) estão directamente relacionadas com o caudal, outras características (por exemplo, substrato e cobertura) estão indirectamente relacionadas. Estes

métodos utilizam uma variedade de modelos para estabelecer a relação entre os regimes de caudal e a quantidade e qualidade do habitat físico de diversas espécies, bem como com outros aspectos ambientais de interesse, como o transporte de sedimentos, a qualidade da água e a passagem de peixes. Esses métodos diferem dos métodos hidráulicos na ênfase na quantificação do habitat físico usando dados de campo de múltiplas seções transversais para definir os aspectos hidráulicos dos micro-habitat das espécies ao longo de um rio (Environmental Flows, n.d.; John et al., 2019).

2.3.4. Métodos holísticos

Os métodos holísticos concentram-se em todo o rio, ecossistema incluindo bancos, e espécies não aquáticas; eles assumem que os ecossistemas podem ser mantidos em vários níveis da saúde ecológica global, dependendo da natureza do regime de caudal modificado para sustentar a morfologia dos cursos de água, os habitats, todos os tipos de organismos e as suas interações e para garantir a integridade ecológica do rio; o método incorporam aspectos socioeconómicos (Arthington et al., n.d.; UNEP, 2020).

2.3.5. Modelagem ecossistémica

Abordagens de modelagem de ecossistemas buscam explicar como os ecossistemas e suas pessoas dependentes responderão às mudanças em uma ampla gama de variáveis determinantes, incluindo a qualidade, quantidade e tempo do fluxo de água, sedimentos e biota, incorporam também aspectos socioeconómicos (UNEP, 2020). A modelagem ecossistémica inclui informação física e química do local, biológica, social e económica (UNEP, 2020).

- Informação física e química: inclui informação hidrológica e hidráulica, transporte de sedimentos, geomorfologia, qualidade de água, marés e salinidade;
- Informação biológica: inclui vegetação, macroinvertebrados, peixes, pássaros, microalgas e macrófitas;
- Informação social e económica: inclui meios de subsistência, saúde pública, saúde de gado, recreação cultural, requisitos de pesca e aspectos de gestão.

2.3.5.1. Marés

São as alterações cíclicas do nível das águas do mar causadas pelos efeitos combinados da rotação da Terra com as forças gravitacionais exercidas pela Lua e pelo Sol (com menor intensidade, devido à distância) sobre o campo gravítico da Terra. Os efeitos das marés traduzem-se em subidas e descidas periódicas do nível das águas cuja amplitude e periodicidade é influenciada por factores locais (“Maré,” 2017).

As marés são um dos fenómenos mais confiáveis do mundo. As marés originam-se no oceano e progridem em direção às costas, onde aparecem como a subida e descida regulares da superfície do mar. Quando a parte mais alta, ou crista, da onda atinge um determinado local, ocorre a maré alta; a maré baixa corresponde à parte mais baixa da onda, ou ao seu vale, Figura 2. A diferença de altura entre a maré alta e a maré baixa é chamada de amplitude de maré.

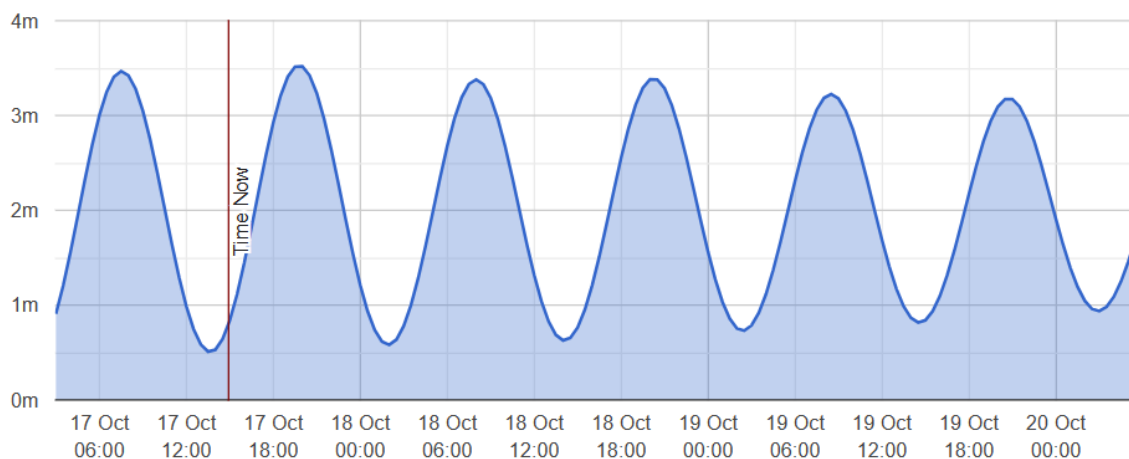


Figura 2 Comportamento de maré de Maputo, por (Tide Times and Tide Chart for Mozambique, n.d.)

2.3.5.2. Salinidade e Condutividade eléctrica

Salinidade pode ser definida como o peso em gramas dos sais dissolvidos em 1 quilograma de água. O parâmetro tem grande importância na caracterização das massas de água, uma vez que a salinidade determina diversas propriedades físico-químicas, entre as quais a densidade, o tipo de fauna e flora e os potenciais usos humanos da água (Da Silva et al., 2018). A condutividade eléctrica é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente eléctrica. Depende das concentrações iónicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna de água e, portanto, representa uma medida indirecta da concentração de poluentes (Da Silva et al., 2018).

A forma mais rápida de se estimar a salinidade da água do mar é através da sua condutividade. Sais em solução existem inteiramente como iões, tornando a água do mar uma condutora de corrente eléctrica. Dessa forma, quanto maior a quantidade de iões presentes, maior é a condutividade da solução e, logo, maior a salinidade da água. Segundo (Phionics, n.d.; Unesco, 1983) a relação da salinidade e condutividade eléctrica é dada por Equação 1.

$$\text{Salinidade (ppt)} = \left(0.7317 \times EC \left(\frac{mS}{cm}\right)\right) - 3.7635 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: EC- Condutividade eléctrica

2.3.5.3. Biodiversidade

É a variação entre organismos vivos de diferentes fontes, incluindo ecossistemas terrestres, marinhos e desérticos, e os complexos ecológicos dos quais fazem parte (UNEP, n.d.).

A biodiversidade são todos os diferentes tipos de vida que se encontra em uma área – a variedade de animais, plantas, fungos e até microorganismos como bactérias que constituem nosso mundo natural. Cada uma destas espécies e organismos trabalham juntos nos ecossistemas, como uma intrincada teia, para manter o equilíbrio e sustentar a vida. A biodiversidade sustenta tudo o que se precisa na natureza para sobreviver: alimentos, água potável, medicamentos e abrigo (Bharucha, 2004).

A biodiversidade de um local pode ser calculada usando os seguintes índices:

✓ Índice de Shannon-Winier

É um dos índices mais comumente utilizados para medir diversidade biológica. O Índice de Shannon-Wiener possui unidades que variam conforme a base logarítmica utilizada: *bits*, *nats* ou *decits* para bases 2, neperiana e 10, respectivamente (Furtado & Vieira, 2020). É de difícil interpretação, mas pode ser entendido como o grau de incerteza em prever a que espécie pertencerá um indivíduo escolhido, ao acaso, de uma amostra com S espécies e N indivíduos (de Paula Amaral et al., 2013; Furtado & Vieira, 2020).

Uma característica deste índice é que ele dá um maior peso as espécies raras (Furtado & Vieira, 2020), entretanto, de forma prática, quanto menor o valor do índice

de Shannon, menor o grau de incerteza e, portanto, a diversidade da amostra é baixa, o valor varia de 1 à 3.5 (de Paula Amaral et al., 2013; Furtado & Vieira, 2020) e é calculado com base no número de indivíduos de cada espécie e no número total de indivíduos amostrados (Equação 2).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln p_i \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

H'- índice de diversidade;

$p_i = n_i/N_i$ dado que n_i - número de indivíduos da espécie i e N - número total de indivíduos amostrados;

\ln - logaritmo de base neperiano.

✓ Índice de Equabilidade de Pielou

O índice de equabilidade de Pielou é derivado do índice de diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes e o seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima) (Biondi & Bobrowski, 2014) e é calculado com base na Equação 3.

$$J = \frac{H'}{\ln(N)} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

J- índice de equabilidade de Pielou

H'- Índice de diversidade de Shannon

N- números de total de indivíduos de cada amostra

2.4. Intrusão salina

Refere-se a invasão da água do mar (água salgada) para zona de água doce, pode ser no aquífero, um rio e/ou canal. A invasão da água salgada para o interior ao longo de rios e canais, combinada com a drenagem de terras agrícolas, contribui para melhorar o processo de salinização, o fenómeno provoca a degradação dos cursos de água doce tornando suas águas impróprias para diversos usos, incluindo o

consumo humano. A contaminação de corpos de água doce pela intrusão salina é um problema global, que afecta a qualidade da água, a saúde da vegetação e as condições do solo a longo das linhas costeiras. A deterioração destes recursos hídricos ameaça a sustentabilidade do abastecimento de água das comunidades costeiras e o seu desenvolvimento económico. Dependendo do local, a invasão da água salgada no interior dos rios e canais varia sazonalmente (Felisa, et al., 2013).

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. Bacia do Rio Incomáti

A Bacia do Rio Incomáti é uma das maiores bacias hidrográficas da África Austral. Ela está localizada na parte sudeste da África Austral entre as latitudes 24° S e 26° 30´S e as longitudes 29° 70´E e 33° 35´E. Tem como seus principais afluentes o Komati, Crocodilo e Sábié. O Komati entra em Moçambique a jusante da afluição dos rios Komati e Crocodilo em Ressano Garcia, passando a chamar-se Incomáti. É compartilhada pelo Reino da Suazilândia, República da África do Sul e República de Moçambique. Possui uma área de superfície cerca de 46.700 km² dos quais 62% se encontram na África do Sul e 6% na Suazilândia e 32% em Moçambique, o rio desagua na Baía de Maputo em Moçambique e tem cerca de 280 km de comprimento (cerca de 40% de comprimento total). A bacia se estende desde as montanhas e planaltos de Transvaal na África do Sul a uma altitude de cerca de 2000 m no local ocidental da bacia. O rio então flui através da Suazilândia e do norte do Transvaal, antes de desemboca na Baía de Maputo através de um estuário localizado em Marracuane, planície costeira em Moçambique. A bacia faz fronteira com a Bacia do Rio Limpopo a norte, as bacias de Umbeluzi e Maputo a leste e sul, respectivamente (ARA-SUL- DGBI |, 2008; Hoguane. A.M; et al., 2009).

3.1.1. Clima

O clima na Bacia do Rio Incomáti varia de quente e húmido na Planície costeira de Moçambique, e frio e seco no Planalto do Transvaal na África do Sul. A precipitação média anual é de cerca de 735 mm, aumentando de leste a oeste, e na área moçambicana da bacia, é de cerca de 650mm e a evaporação média anual é de cerca de 1900mm, diminuindo de leste para oeste. A temperatura média anual varia de 22,4°C a 23,9°C (ARA-SUL- DGBI, 2008; Carmo Vaz & Van Der Zaag, 2003).

O regime de fluxo do Rio Incomáti é caracterizado como torrencial com altos fluxos durante a estação chuvosa, de Novembro a Março e vazões relativamente baixas na seca temporada, de Abril a Outubro. Em média, 60% a 80% da vazão média anual ocorre em poucos meses do ano. Como consequência, ocorrem extremos cheias e secas na bacia, particularmente em Moçambique, pois está localizada na parte baixa da bacia, sofre escassez de água decorrente do escoamento dos países ribeirinhos

superiores durante a estação seca. Também sofre inundações como resultado da liberação de água em países ribeirinhos durante a estação chuvosa (Carmo Vaz & Van Der Zaag, 2003; Hoguane. A.M; et al., 2009). As mais recentes enchentes devastadoras ocorreram no ano 2023 com impactos severos na agricultura, infra-estruturas e perda de vidas.

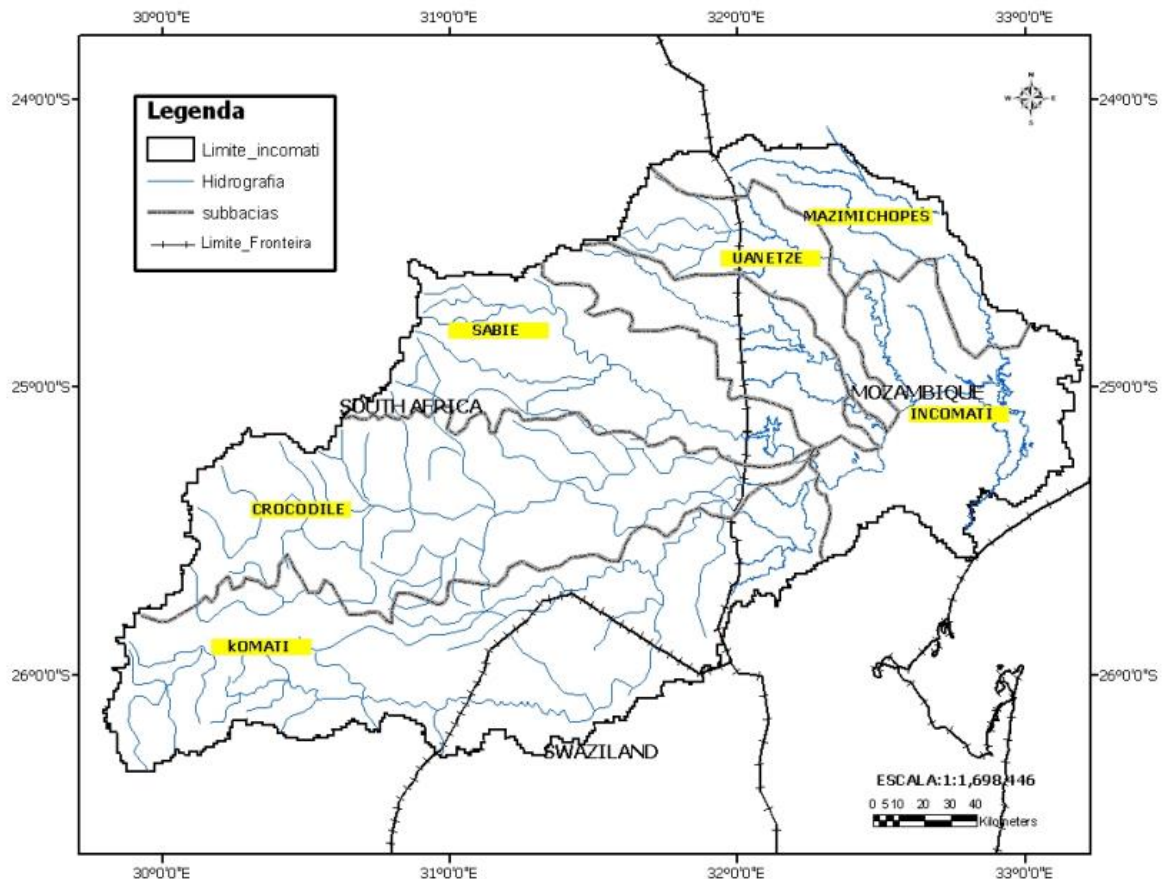


Figura 3. Bacia do Rio Incomati. Adaptado de *Sharing the Inkomati waters: cooperation and competition in the balance*; por Carmo Vaz & Van Der Zaag, 2003.

A bacia é composta por sete sub-bacias hidrográficas principais, nomeadamente: Komati (24%), Crocodile (22%) Sabié (15%), Massintonto (7%), Uanetze (8%), Mazimechopes (8%) e Inkomati (14%) como ilustra a Figura 3 (Carmo Vaz & Van Der Zaag, 2003). O Komati e Crocodile são os principais afluentes do Inkomati superior, onde a Suazilândia. A confluência do Komati e do Crocodile situa-se a montante da fronteira com Moçambique, onde o rio é conhecido como Inkomati. Da fronteira a jusante (território de Moçambique), o rio corre através da Província de Maputo onde flui para o leste, norte, depois para o leste novamente perto de Magude e finalmente,

para o sul para entrar no Baía de Maputo através do sul de Marracuene. O Sabié, Massintonto e Uanetse sobe na África do Sul e flui pelo Parque Nacional Kruger antes de cruzar a fronteira internacional para desaguar no rio Inkomati em território moçambicano.

3.1.2. Geologia e geomorfologia

A geologia e geomorfologia são alguns aspectos dos factores de influência dinâmica do escoamento superficial dependendo do tipo de rocha, da área e da inclinação do relevo. Existem na bacia ocorrências de vários minerais, mas apenas o carvão, o amianto e o ouro são extraídos.

Na Bacia do Rio Incomáti encontra-se formações pertencendo a vários sistemas, nomeadamente o Transvaal, complexo arcaico, Karroo, na Suazilândia, sendo a maior parte da bacia em território sul-africano constituída por granitos e gneiss. Em Moçambique encontram-se junto à fronteira e em todo o seu comprimento uma faixa de riolitos e basaltos, e entre o Sábíè e o Uanetzi aparecem formações de cretáceo (ARA-SUL- DGBI, 2008).

3.1.3. Topografia

A parte moçambicana do rio não possui um relevo assinalável, as altitudes maiores não ultrapassam os 2800 m e localizam-se na zona fronteira com a África do Sul e as altitudes mínimas variam de 0 a 50 m localizadas na região Sul (imediações de Magude) ao longo da faixa costeira quase a foz. Esta característica do relevo do baixo Incomáti faz com que a região seja vulnerável à intrusão salina e às cheias, uma vez que uma vasta área se encontra abaixo do nível médio do mar (Jambane, 2018).

3.1.4. Solos

O estudo de solos é importante por estes constituírem o suporte de actividades humanas assim como plantas e por constituir um dos factores influentes nas cheias em Moçambique. Dada a multiplicidade de combinação possível quanto à sua natureza, clima, organismos do solo, características da rocha mãe, formas de relevo e tempo de acção dos factores, o solo pode apresentar características e propriedades extremamente variadas, oferecendo características físicas diferentes conforme a constituição da sua textura (Jambane, 2018).

Os solos predominantes na Bacia do Rio Incomáti (em território nacional) derivam dos sedimentos do Karro, Terciário e Quaternário. Na região oriental do vale, próximo da foz do rio, os solos são arenosos e tem maior capacidade de retenção da água que varia da média a muito boa, atraindo mais as populações que praticam a agricultura e pastagem de gado. Contrariamente à nascente, os solos apresentam-se argilosos, alterando-se gradualmente para areno-argilosos na faixa central. Estes solos na sua maioria são pouco permeáveis dificultando a infiltração da água dando uma maior vulnerabilidade de ocorrência de cheias pela fraca retenção. Estas características acentuam a vulnerabilidade da região do vale de Incomáti, as cheias e a intrusão salina, associadas ao facto de que uma grande parte da planície se encontra abaixo do nível médio das águas do mar (Jambane, 2018).

3.1.5. Uso e cobertura de terra

As características de geração de escoamento em uma bacia hidrográfica são fortemente influenciadas pelo uso e ocupação do solo, uma vez que grande parte dos processos de transformação de escoamento depende do tipo de cobertura existente. As informações do uso e cobertura do solo são elementos básicos para o planeamento de uma bacia hidrográfica, pois retratam as actividades económicas desenvolvidas e que podem significar pressões e impactos sobre os elementos naturais. O comportamento bacia hidrográfica ao longo do tempo ocorre por dois factores, sendo eles, de ordem natural, responsáveis pela predisposição do meio à degradação ambiental, e antrópicos, onde as actividades humanas interferem de forma directa ou indirecta no funcionamento da bacia.

Na Bacia do Rio Incomáti predomina a vegetação do tipo savana, mais para o litoral predomina a floresta sempre verde, registando-se também a ocorrência com uma percentagem reduzida de áreas construídas. As condições climáticas disponíveis na região fazem com que o desenvolvimento de vegetação seja reduzido. Ao longo da Bacia do Rio Incomáti, em território nacional, é praticada a agricultura de sequeiro e pastagem nas áreas de savana (Jambane, 2018).

3.1.6. Estruturas hidráulicas existentes na bacia do rio Incomáti

Na Bacia hidrográfica do Rio Incomáti existem quatro estruturas hidráulicas no território moçambicano, nomeadamente barragem de Corumana, açude de Chuali, represa de Macaene e represa de Mapulanguene. Das quatro estruturas hidráulicas

mencionadas, a barragem de Corumana é de grande importância, construído com o destino essencial a regularização dos caudais do rio Sábie, quer para a utilização na rega dos terrenos a jusante da barragem, no vale do Sábie, quer para o reforço dos caudais de estiagem para rega dos terrenos a jusante e ainda para redução da pontas de cheia no Sábie (ARA-SUL- DGBI, 2008).

3.2. Estuário de Incomáti

O estuário do Incomáti está localizado nas latitudes 25° 43' S e 25° 53' S e Longitudes 32° 41' E e 32° 44' E, e com descargas na parte norte da Baía de Maputo Hogueane & António, 2016; Mthobisi Innocent & Thomas, 2019), Figura 4. O estuário tem cerca de 40 a 50 km de comprimento e serpenteia dentro da planície costeira, separada do oceano Índico por uma estreita duna de areia, os lados do estuário convergem gradualmente para montante, resultando numa forma de funil, tem uma área de superfície da foz durante a maré alta cerca de 9 000 m², com um factor de inclinação de cerca de 0,1 km⁻¹ (Hogueane & António, 2016). A área de estudo abrangeu as terras húmidas, Figura 6 e ao longo do rio, Figura 5.

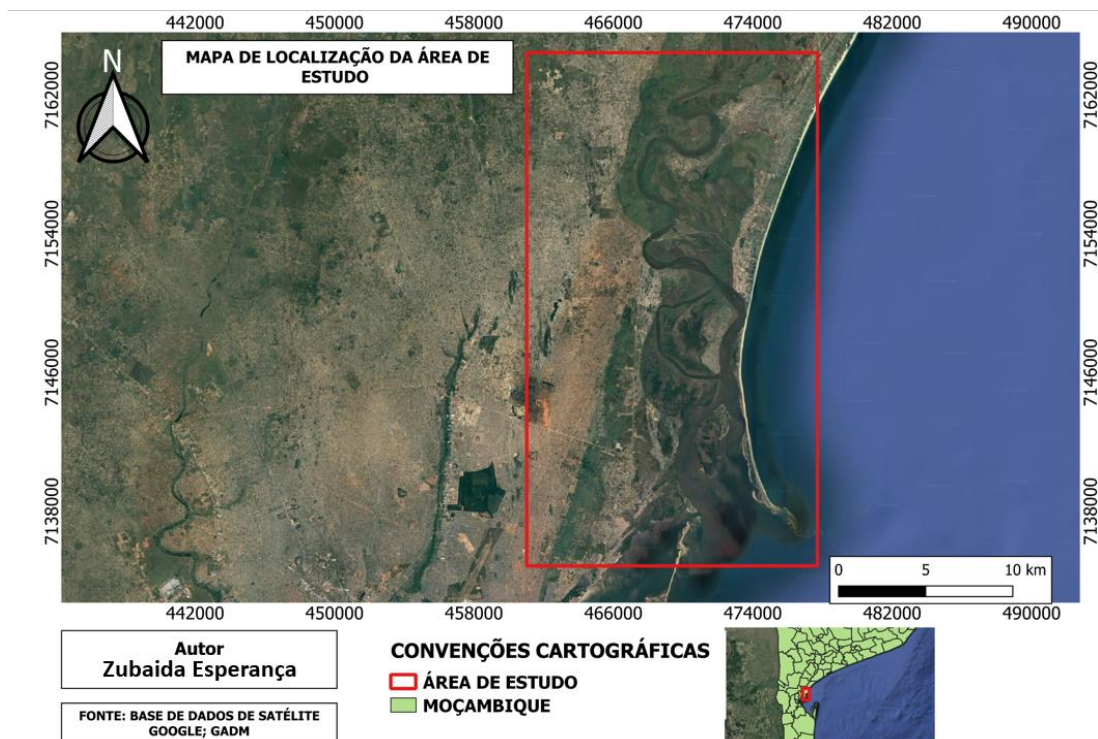


Figura 4 Estuário de Rio Incomáti. Elaborado por autor

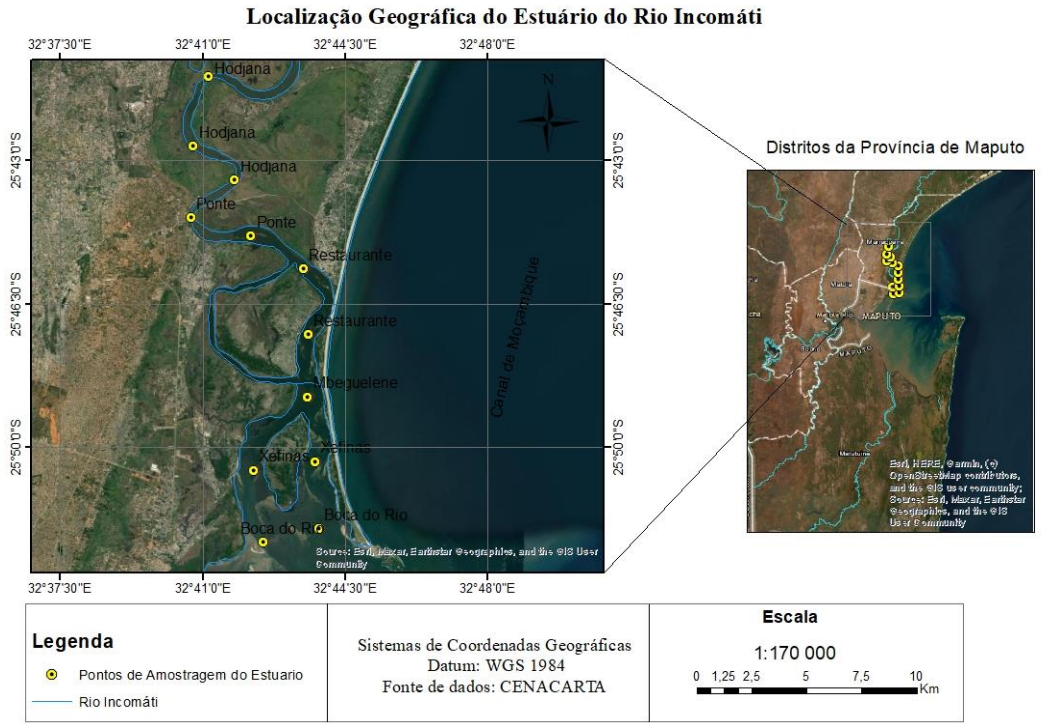


Figura 5 Pontos de amostragem ao longo do Rio Incomati (Mata, 2023)

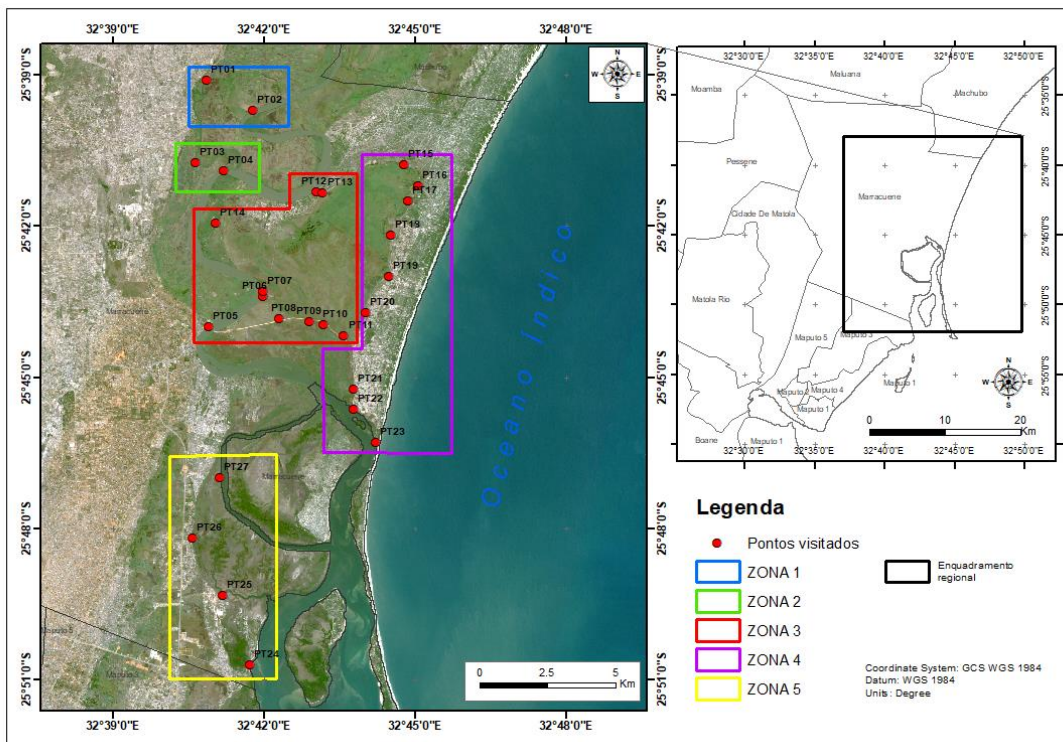


Figura 6 Pontos de amostragem nas terras húmidas. Zona 1 - Eduardo Mondlane; zona 2 - Samora Machel; zona 3 - Hobjana; zona 4 - Mbuva, Matsinane e Macaneta; e zona 5 - Gazene e Muntanhana (Shirima, 2022)

3.2.1. Geologia

As principais feições geológicas do estuário são uma planície aluvial plana que se estende ao longo do rio, sendo a zona costeira dominadas pelas dunas costeiras amareladas ou avermelhadas e as planícies interiores arenosas das formações mais recentes de Quaternário (Hoguane. A.M; et al., 2009).

3.2.2. Clima

A Bacia do Rio Incomáti em Moçambique é caracterizada por um regime anticiclone e de depressões de latitudes médias. De acordo com Classificação de Koopen, a bacia tem duas zonas climáticas principais: clima tropical húmido (AW) ao longo da costa (distritos de Marracuene e Manhiça) e o seco estepe (BS e BSW) no Médio Incomáti (Magude e Moamba) (Hoguane. A.M; et al., 2009) .

No estuário o clima é húmido com inverno seco. A temperatura média mensal varia entre 19°C e 26°C no inverno (Junho e Julho) e no verão (Janeiro e Fevereiro), respectivamente. A precipitação total anual varia entre 800mm e 1000mm. A chuva ocorre principalmente nos meses de Novembro e Fevereiro, equivalente a cerca de 25% a 35% da evapotranspiração potencial (Hoguane. A.M; et al., 2009).

3.2.3. Solo e vegetação

Segundo Bydekerke (2007) citado em (Hoguane. A.M; et al., 2009), não existem áreas densamente florestadas na parte de Moçambique da Bacia de Incomáti. Formações florestais significativas são encontradas na Suazilândia e no Sul parte africana da bacia, a parte de Moçambique da bacia, as florestas aparecem apenas em manchas.

A Bacia inferior do Rio Incomáti (baixo Incomáti) estende-se desde o estuário até à Manhiça, onde tem como principais tipos de vegetação:

- Floresta de Ubperenifólia a subdecídua, com franjas de florestas sub-húmidas, composta por: *Afzelia quasensis*, *Ficus spp*, *Brachylaena*, *Richilia emetica*, *Albizzia adianthifolia*, *Garcinia livingstonei*, *Strychnos sp*, *Conopharingia elegans*, *Vernonia senegalensis*, *Tecomaria capensis*, *Acalypha spp.*, em solos arenosos avermelhados;
- Florestas secundárias de *Sclerocarya caffra*, *Trichilia emeica*, *Albizzia verticolor*, *A. Adiantipholia*, *Alfzelia quazensis*, *Strychnos spp.*, *Trema*

guineensis, *Combretum*, *Conopharingia elegans*, *Vernonia senegalensis*, *Tecomaria capensis*, *Clematis orientalis*, altamente modificado pela influência antropogênica com espécies exóticas como *Mangífera indica*, *Anacardium occidentale*, em solos arenosos avermelhados e ásperos.

- Formações hidrófitas compostas por *Phoenix reclinata*, *Syzygium cordatum*, *Voacanga*, com *Phragmites*, *Cyperus*, *Juncus*, *Pteridium aquilidum*, no escuro, solos ricos em matéria orgânica e hidromorfológicos.

3.2.4. Vegetação estuarina

O estuário apresenta extensos mangais, um total de 2.334 indivíduos de 6 espécies. *Marine Avicennia* foi a espécie dominante (71,46%), estando presente em todas as comunidades. *Rhizophora mucronata* e *Ceriops* a espada representaram 17,15% e 6,56% do total de indivíduos, respectivamente, enquanto as demais espécies arbóreas (*Bruguiera gymnorhiza*, *Xylocarpus granatum* e *Lumnitzera racemosa*) representaram menos de 3% cada. Estes valores reflectem-se no valor da importância ecológica da espécie (Bandeira et al., 2015). A área coberta pelos mangais em 2003 foi estimada em cerca de 4.451 hectares (Carmo Vaz & Van Der Zaag, 2003).

Estimativas da evolução da cobertura vegetal de mangal ao longo de um período de 20 anos (1984-2003) em duas ilhas principais no estuário do Incomáti indicaram uma diminuição da área coberta por florestas de mangais. Nas ilhas de Benguelene e Xefina Pequena, a redução é de 40% e 25%, respectivamente. No mesmo período, a área coberta por mangais degradados aumentou em quantidades semelhantes. A taxa de desmatamento de mangais no estuário Incomáti é estimada em 17 ha por ano, equivalente a cerca de 0,4% segundo Bandeira et al (2004) citado em (Hoguane. A.M; et al., 2009). As possíveis causas para essas alterações incluem as modificações do regime de fluxo do rio, flutuações na precipitação e aumento da taxa de colheita devido ao aumento da pressão populacional na área.

3.2.5. Fauna

A Bacia do Rio Incomáti fornece habitats para uma rica variedade de flora e fauna. Esses incluem espécies ameaçadas de extinção e raros répteis, anfíbios e borboletas. Em particular, há abundância de aves associadas ao ambiente de zonas húmidas caracterizado por pântanos, pastagens, savana com tipos mistos de árvores (espécies

de folhas largas e espinhosas), arbustos costeiros, florestas verdes (incluindo floresta ribeirinha) (Carmo Vaz & Van Der Zaag, 2003).

Mais de 500 espécies de aves foram registadas na Bacia do Rio Incomáti, das quais 73 espécies estão listadas como ameaçadas na África do Sul. Estes incluem o grou carunculado, a codorna-de-botão-preta, a andorinha-azul, o Abutre do Egito e o pica-boi de bico amarelo (Hoguane et al., 2010). Também existem cerca de onze espécies ameaçadas de mamíferos terrestres, que incluem o Hippotragus equinus (antílope roan) e Lycaon pictus (cão selvagem), doze espécies de peixes, oito espécies de répteis e anfíbios e 104 espécies de plantas.

3.2.6. Espécies de peixes de água doce

Leestemaker et al (2000) diz que cerca de 38 espécies de peixes de água doce foram observadas no baixo Incomáti. *Cyprinus carpio* é uma espécie exótica com grande tolerância a variações no fluxo do rio, embora é abundante no Lago Chuáli, onde atinge um tamanho máximo de cerca de 60 cm. *Serranochromis Meridianus* prefere ambientes com fluxo lento do rio. Por isso, é abundante em lagos e em fluxos lentos. O nível de migração dos peixes na bacia é limitado pela disponibilidade de água e pelo rio regime de fluxo. Durante a estação seca, alguns trechos do rio secam e os peixes permanecem nas secções do rio que retêm água ou migram para os lagos. Peixe-gato executa ambos migração transversal e longitudinal na bacia hidrográfica (Hoguane et al., 2010).

3.2.7. Ambiente Estuarino

O Rio Incomáti desagua na parte norte da Baía de Maputo. As marés no estuário são semidiurnas (duas mares altas e duas mares baixas a cada dia lunar). Amplitude máxima das marés na foz é de cerca de 3m. O estuário é geralmente raso e o ponto mais profundo na maré alta não é superior a 10m (Hoguane et al., 2010).

A salinidade no estuário varia de verticalmente bem misturada durante a estação seca a parcialmente misturado e estratificado durante a estação chuvosa. A intrusão salina varia de acordo com o volume de descarga do rio. A intrusão salina se estende a poucos quilômetros da foz durante os períodos de alta descarga do rio, mas aumenta para o excesso de 40 km durante períodos de baixa vazão do rio (Brockway et al., 2006).

O tempo de descarga do estuário varia com as marés e com o escoamento do rio. Durante a estação seca, o tempo de descarga é devido exclusivamente às marés semi-diurnas e varia de 6 dias durante marés vivas para 17 dias durante as marés mortas. Durante as condições de alta descarga do rio, o tempo reduz para 1 e 2,5 dias (Brockway et al., 2006; Hogue et al., 2010).

O estuário Incomáti é o santuário para colônias de reprodução de aves aquáticas. Ele também fornece vários recursos naturais e serviços para a população local e desempenha um papel de berçário para muitas espécies de peixes e crustáceos (Carmo Vaz & Van Der Zaag, 2003). O estuário contribui aproximadamente 20% da captura total de camarão na Baía de Maputo (Anon, 2001). Macia e Menomussanga (2004) citado em (Hogue et al., 2010; Macia et al., 2019) estudaram o fluxo de larvas de camarão através do estuário do Incomáti e concluíram que a densidade de entrada de larvas aumenta com a estação e com o ciclo das marés, sendo mais altas durante o inverno e entre as marés morta e viva. Juvenis e pós-larvas de camarão são mais abundantes em mangais não degradados em comparação com mangais degradados e canal estuarino. Os mangais degradados suportam menos densidade e biomassa do que os não degradados.

3.2.8. Histórico das actividades socioeconômicas

A Bacia do Rio Incomáti é de grande importância socioeconómica e cultural em partes do sul de Moçambique, norte da Suazilândia e leste da África do Sul. Existem muitos factores que levaram aos padrões de assentamento actuais, incluindo desenvolvimentos urbanos e industriais dentro Bacia de Incomáti. A Baía de Maputo tem sido um importante centro comercial regional desde o Século XVII (Newitt, 1995).

No século XIX, uma reserva de caça (actualmente Parque Nacional Kruger) foi estabelecido na área entre os rios Crocodile e Sabié. No mesmo período, os agricultores se estabeleceram ao longo da bacia superior do Rio Incomáti, cultivando principalmente citrinos, algodão e tabaco (Packard, 2001). Na Bacia Inferior do Rio Incomáti, as actividades socioeconómicas incluem agricultura, pecuária, pescas, turismo, comércio. A irrigação foi desenvolvida para plantação de cana-de-açúcar em Xinavane em Moçambique, e na década de 1960, foi introduzida a plantação de arroz.

3.2.9. Potencial de agricultura para o baixo Incomáti

Segundo ARA Sul (2008) citado em Houguane et al (2010) a maior parte da área irrigada (cerca de 13.789 ha) na parte de Moçambique da Bacia do Rio Incomáti é explorada pela plantação de cana-de-açúcar e pequenos agricultores. As plantações de cana-de-açúcar em Moçambique estão localizadas em Xinavane e Maragra.

No estuário os solos são salinos e pouco adequados para o cultivo de arroz. A área imediatamente a montante do estuário, abrangendo os distritos de Manhiça e Marracuene é caracterizada por solos pouco estruturados de sedimentos argilosos de origem fluvial, adequados para cultivo de hortaliças, batata-doce, arroz, cana-de-açúcar e banana. As terras altas adjacentes para o vale do rio são adequadas para coqueiros e cajueiros, mandioca associada amendoim e milho associado ao feijão e outras culturas são algodão, girassol e tabaco.

4. ANÁLISE DE CENÁRIOS DE ACTIVIDADES NO ESTUÁRIO DO RIO INCOMÁTI

Foram feitos estudos no Rio Incomáti para obter-se as informações ecológicas, serviços ecossistémicos e comércio, hidrológicas, hidráulicas e qualidade de água considerando as épocas húmida e seca, e variação das marés.

4.1. Ecologia do estuário do Rio Incomáti

Para ecologia do estuário, foram feitos estudos sobre a caracterização sazonal do fitoplâncton e zooplâncton e suas variações com a salinidade ao longo do estuário do Rio Incomáti; caracterização da macrofauna e sua variação com a salinidade ao longo dos canais secundário do estuário do Rio Incomáti e caracterização dos pássaros e sua variação com salinidade ao longo do Rio Incomáti.

Para a caracterização sazonal do fitoplâncton e zooplâncton, foram colectadas amostras em duas épocas seca e húmida em 10 pontos de amostragem. A distância que separa os pontos é de 3 km desde a boca do estuário do Rio Incomáti.

✓ Fitoplâncton

Foram identificados 107 táxon de fitoplâncton, divididos em cinco classes taxonómicas, sendo 89 diatomáceas, 9 dinoflagelados, 4 clorófitas, 4 cianófitas e 1 silicoflagelado. Dentre estas, as diatomáceas foram as mais representativas para as duas épocas, isso porque são microalgas predominantes nas águas tropicais, temperadas e polares, e também estes ocorrem em todos ambientes, marinhos, salobrosos, hipersalinos e dulcícolas. Foi possível verificar o aumento na diversidade taxonómica no período húmido, isso porque a intrusão salina no estuário não é extensa. A diversidade biológica foi observada considerando os seus índices, de Shannon-Wiener (H') e de equabilidade de Pielou (J) para as épocas seca e húmida com marés alta e baixa.

A diversidade biológica no estuário diminui com a redução da salinidade na época seca, Figura 7 a) e b). A diversidade biológica na boca do estuário para a maré baixa é maior que para maré alta e esta diferença da diversidade não é determinada pela salinidade porque o seu valor é muito próximo para os dois ensaios. A taxa de redução da diversidade ao longo do estuário é maior para a maré alta relativamente à maré

baixa o que pode significar que a diversidade do mar, da água salgada, é transportada mais para o interior do estuário durante a maré alta, contudo, a zona de mistura da água doce e salgada é deslocada para regiões mais próximas da boca durante a maré baixa. As medições feitas não chegaram a valores de diversidade que representam a água doce o que podia ser determinado por uma possível subida e estabilização dos índices de diversidade calculados.

Enquanto para a época húmida, a diversidade biológica no estuário diminui com a redução da salinidade, a partir da boca, ponto 1, até ao ponto 4, contudo, para zonas mais para o interior, com valores de salinidade da água doce, a diversidade aumenta, Figura 7 c) e d). A diversidade biológica na boca do estuário para a maré alta é maior que para maré baixa. A taxa de redução da diversidade na região próxima à boca do estuário é maior para a maré alta relativamente à maré baixa. Neste caso, é evidente que a zona tampão é deslocada para regiões próximas a boca do estuário durante a maré baixa e afasta-se da boca durante a maré alta, porque a diversidade mais baixa é observada no ponto 3 durante a maré baixa e no ponto 4 durante a maré alta. A subida dos valores dos índices de diversidade biológica depois do ponto 3 e ponto 4 para as marés baixa e alta, respectivamente, mostra a passagem da zona tampão e o início da predominância da diversidade da água doce.

De um modo geral, a diversidade biológica na época seca diminui com a redução da salinidade desde a boca até ao interior do estuário para ambas, maré baixa e maré alta. Enquanto, para a época húmida a diversidade biológica reduz com a salinidade a partir da boca até os pontos 3 e 4 para as marés baixa e alta, respectivamente, e a partir destes pontos a diversidade volta a aumentar. A variação de diversidade para as épocas seca e húmida pode ser explicada pela variação do caudal do rio. Na época seca o caudal do rio reduz significativamente; a intrusão salina estende-se mais para o interior do estuário; a zona tampão está deslocada para o interior do estuário e a zona de diversidade da água doce não pode ser observada. Na época húmida o caudal do rio é maior e a extensão da intrusão salina reduz de forma significativa, por isso, a zona tampão desloca-se para regiões mais próximas a boca do estuário e pode observar-se a diversidade biológica da água doce depois dos pontos 3 e 4 para as marés baixa e alta, respectivamente.

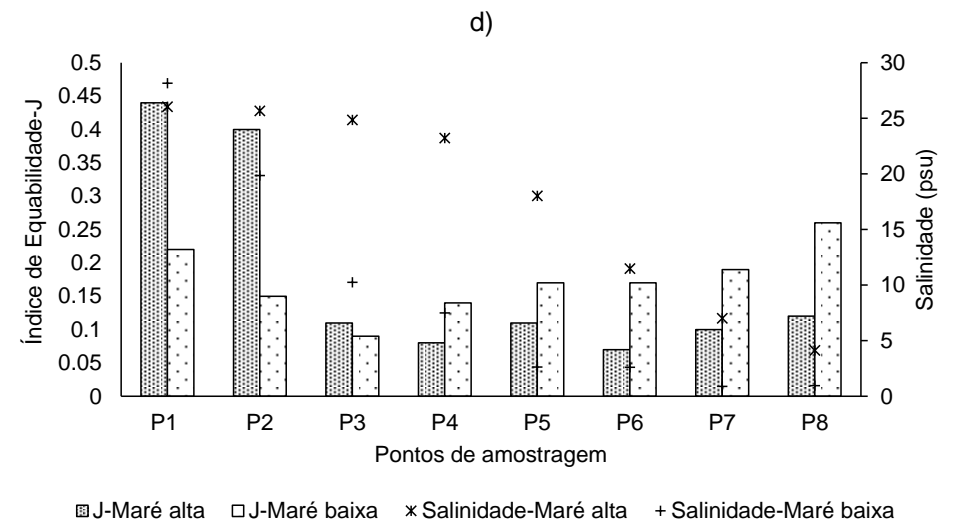
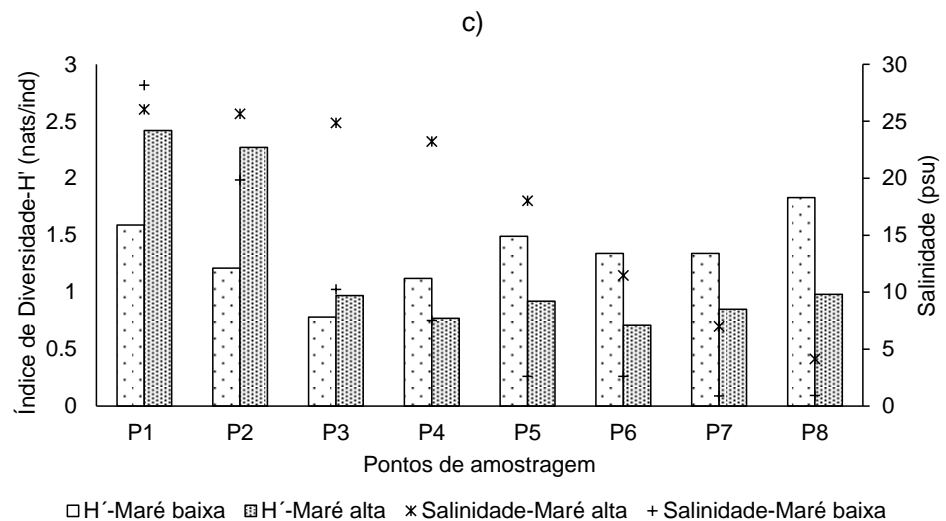
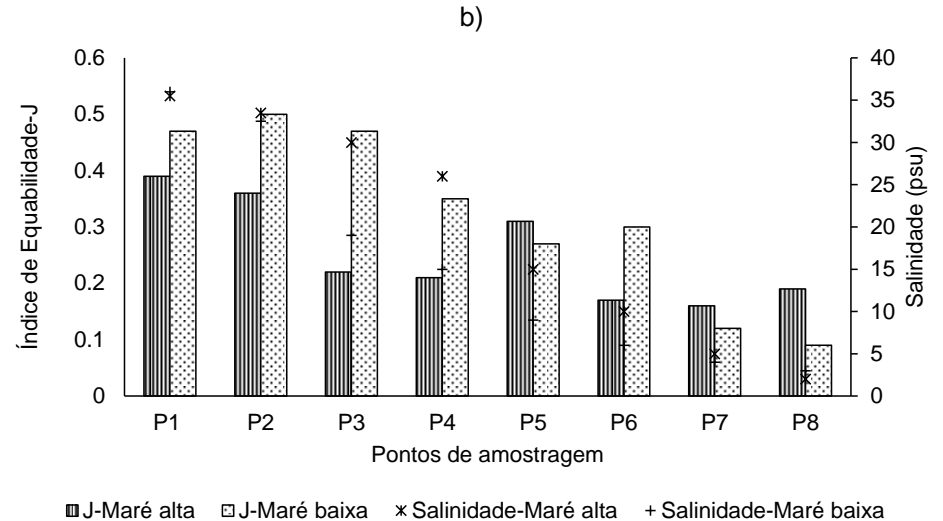
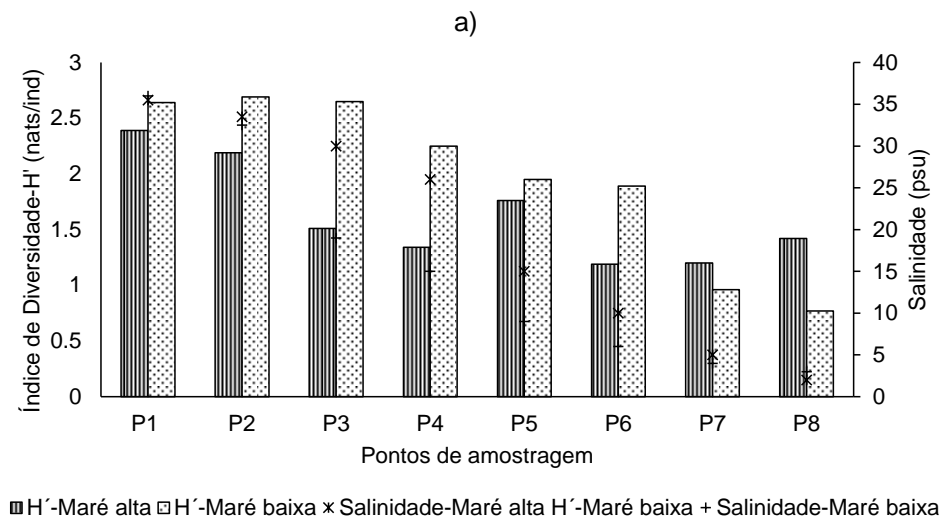


Figura 7 Índices de diversidade biológica no estuário do Rio Incomáti. P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8 são pontos medidos a partir da boca do estuário e a distância entre os pontos é de aproximadamente 3 km. a) Índice de Shannon-Wiener (H') na época seca; b) Índice de equabilidade de Pielou (J) na época seca; c) Índice de Shannon-Wiener (H') na época húmida; d) Índice de equabilidade de Pielou (J) na húmida. Elaborado por autor.

✓ Zooplâncton

Foram identificados 10 grupos taxonômicos de zooplâncton. Na época seca o grupo dos crustáceos mostrou-se predominante com 598 indivíduos na maré alta e 63 indivíduos na maré baixa, seguindo o grupo dos Rotífera que teve 17 indivíduos na maré alta e 1 indivíduos na maré baixa. A época seca contou com um total de 7111 indivíduos.

A diversidade biológica de zooplâncton no estuário diminui com a redução da salinidade na época seca, Figura 8 a) e b). A diversidade biológica na boca do estuário para a maré baixa é maior que para maré alta em todos pontos excepto no ponto 1, e esta diferença da diversidade não é determinado pela salinidade porque o seu valor é muito próximo para os dois ensaios. A taxa de redução da diversidade ao longo do estuário é maior para a maré alta relativamente à maré baixa o que pode significar que a diversidade do mar, da água salgada, é transportada mais para o interior do estuário durante a maré alta, contudo, a zona de mistura da água doce e salgada é deslocada para regiões mais próximas da boca durante a maré baixa. As medições feitas chegaram a valores de diversidade que representam a diversidade de água doce é determinada por uma subida dos índices de diversidade calculados.

A diversidade biológica no de zooplâncton no estuário para época húmida não apresentou com um comportamento satisfatórios para poder analisar as suas variações nessa época, Figura 8 c) e d). Os valores de salinidade da época húmida em ambas marés decrescem desde a boca do estuário até ao interior de estuários, o que possivelmente devia deslocar a zona tampão para zonas mais próximas do estuário.

De um modo geral, a variação de diversidade para a época seca pode ser explicada pela variação do caudal do rio. Na época seca o caudal do rio reduz significativamente; a intrusão salina estende-se mais para o interior do estuário; a zona tampão está deslocada para o interior do estuário e foi possível observar uma possível zona de diversidade da água doce.

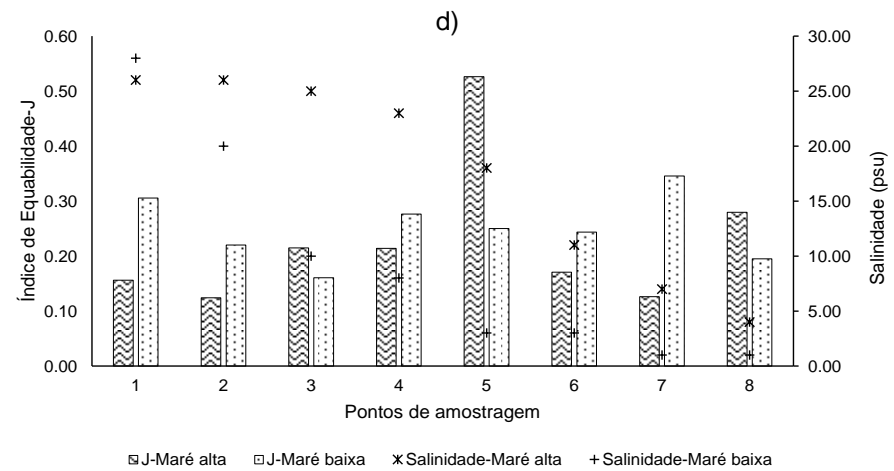
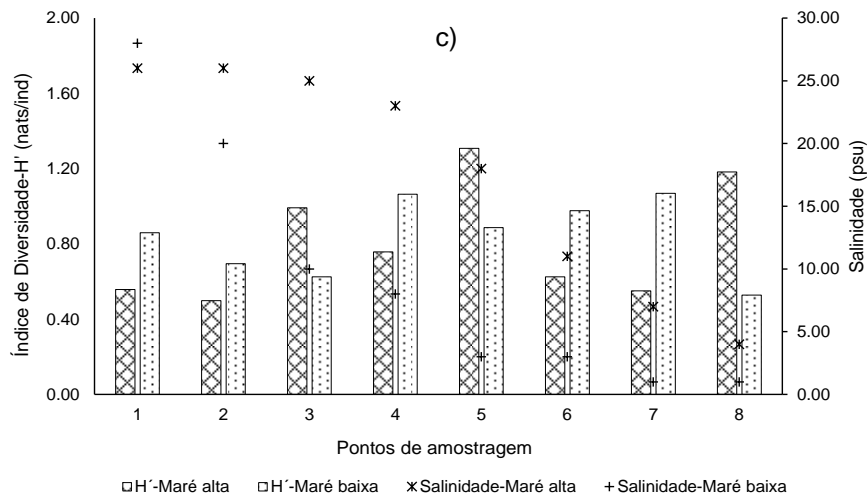
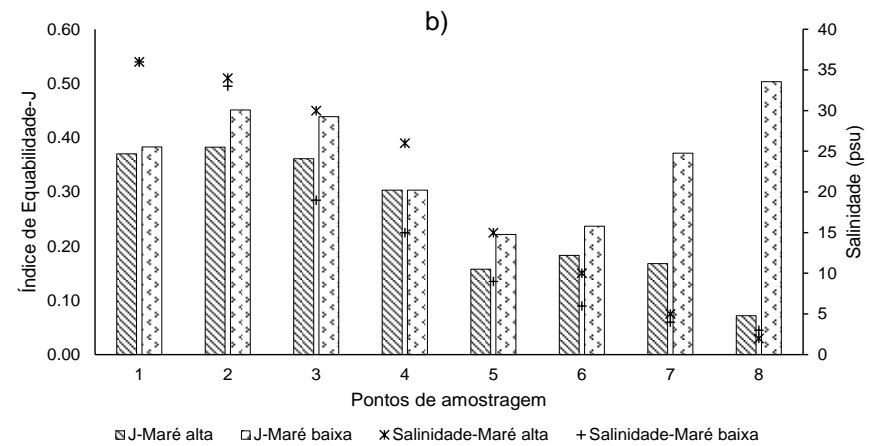
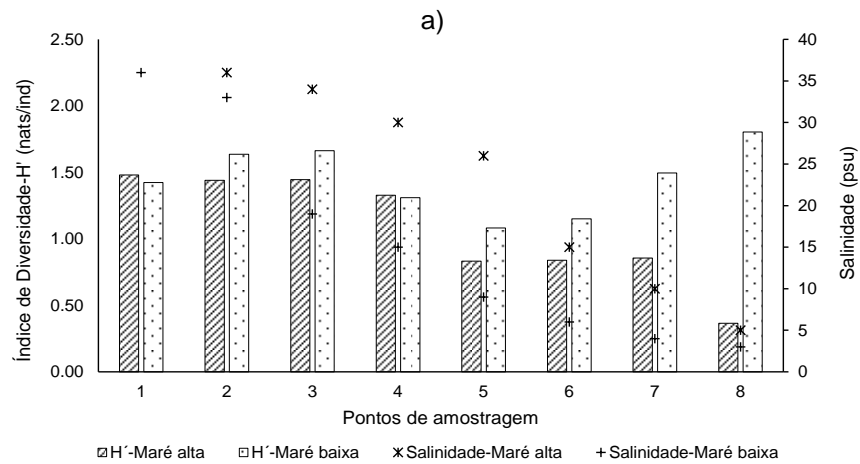


Figura 8 Índices de diversidade biológica no estuário do Rio Incomati. P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8 são pontos medidos a partir da boca do estuário e a distância entre os pontos é de aproximadamente 3 km. a) Índice de Shannon-Wiener (H') na época seca; b) Índice de equabilidade de Pielou (J) na época seca; c) Índice de Shannon-Wiener (H') na época húmida; d) Índice de equabilidade de Pielou (J) na húmida. Elaborado por autor.

✓ Macrofauna

Para a caracterização da macrofauna, foram colectadas amostras em duas épocas seca e húmida em 4 pontos de amostragem ponto 1, ponto 2, ponto 3 e ponto 4 que correspondem à Muntanhana, Hobjana, Samora Machel e Incoluane respectivamente.

Foram identificadas 25 famílias e 32 espécies de peixes, correspondendo a 482 indivíduos capturados. No grupo dos crustáceos foram identificadas 4 famílias, uma espécie de caranguejo, 5 espécies de camarão e 69 indivíduos capturados. Das espécies de peixes capturadas a *Schilbe intermedius* apresentou 120 indivíduos observados em todos os pontos de amostragem, a *Hilsa kelee* apresentou 103 indivíduos observados no ponto de Muntanhana e Hobjana e *Oreochromis niloticus* apresentou 97 indivíduos observados em todos os pontos de amostragem. Dos crustáceos, a espécie que apresentou maior número de indivíduos foi a *Macrobrachium rude* com 31 indivíduos observados no ponto de Samora Machel e *Metapenaeus monoceros* com 17 indivíduos observados no ponto de Muntanhana e Hobjana. A diversidade biológica foi observada considerando os seus índices, de Shannon-Wiener (H') e de equabilidade de Pielou (J) para as épocas seca e húmida.

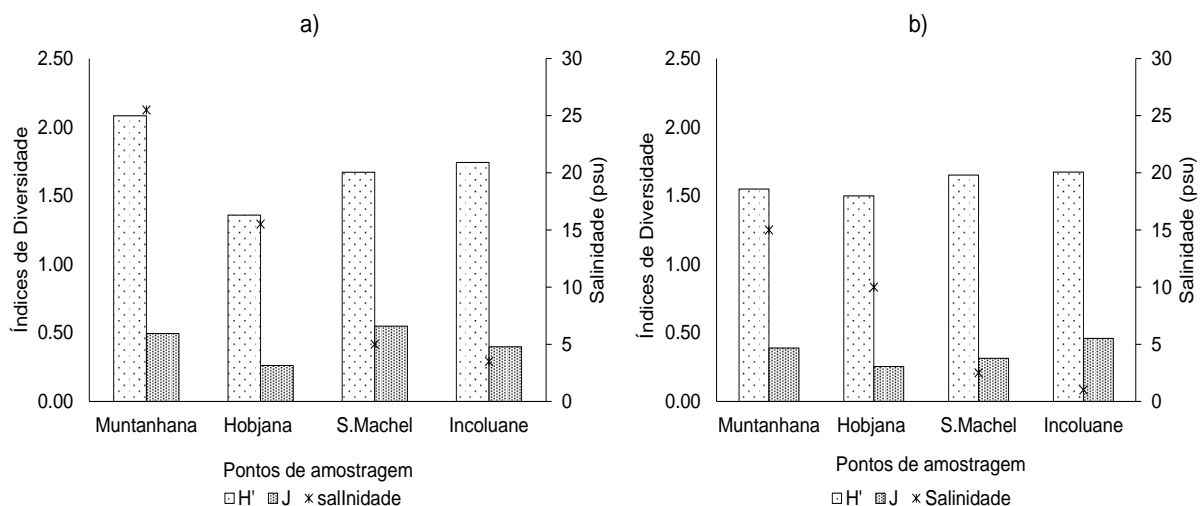


Figura 9 Índices de diversidade biológica em quatro zonas nomeadamente: Muntanhana, Hobjana, Samora Machel (S. Machel) e Incoluane, organizadas da Zona mais próxima da boca do estuário do Rio Incomáti para o interior. a) Índice de diversidade biológica de Shannon-Wiener (H') e Equabilidade de Pielou (J) na época seca; b) Índice de diversidade biológica de Shannon-Wiener (H') e Equabilidade de Pielou (J) na época húmida. Elaborado por autor.

A Figura 9 a) representa a diversidade biológica no estuário na época seca. A diversidade biológica na zona de Muntanhana é maior relativamente as zonas de Hobjana, S. Machel e Incoluane. A zona de Muntanhana situa-se próximo a boca de

estuário, por isso apresenta valor de salinidade alta. Nessa época, na zona de Muntanhana, há uma possível predominância de espécies de peixes de água salgada e na zona de Hobjana, a diversidade biológica baixa e isso justifica-se por uma possível redução de predominância de espécies de peixes de água salgada. Nas zonas de S. Machel e Incoluane a salinidade é muito baixa, por consequência há maior predominância de espécies de peixes de água doce.

A Figura 9 b) representa a diversidade biológica no estuário na época húmida. A diversidade biológica nas zonas de Muntanhana e Hobjana reduziu relativamente as zonas de S. Machel e Incoluane. A zona de Muntanhana é predominada por espécies de peixes de água de salgada. Nas zonas de S. Machel e Incoluane apresentam salinidades baixas e há maior predominância de espécies de peixes de água doce.

De um modo geral, a diversidade biológica na época seca na zona de Muntanhana é predominada por espécies de peixes de água salgada com valores altos de salinidade, e à medida que a salinidade vai reduzindo, a zona de Hobjana apresenta uma redução de diversidade de biológica em comparação com as zonas de Muntanhana, S. Machel e Incoluane. As zonas de S. Machel e Incoluane apresentam valores de salinidade reduzidas com diversidade maior de espécies de peixes de água doce. Enquanto na época húmida a diversidade biológica predominada por espécies de peixes de água salgada na zona de Muntanhana reduz juntamente com salinidade. E as zonas de S. Machel e Incoluane apresentam maior predominância de espécies de água doce com valores de salinidade muito reduzida.

A variação de diversidade para as épocas seca e húmida pode ser explicada pela variação do caudal do rio. Na época seca o caudal do rio reduz significativamente; a intrusão salina estende-se mais para o interior do estuário; por isso que a zona de Muntanhana apresenta uma possível predominância de espécies de água salgada, e na zona de Hobjana apresenta-se como uma zona tampão principalmente para época seca. Na época húmida o caudal do rio é maior e a extensão da intrusão salina reduz de forma significativa, por isso, a zona de Muntanhana apresenta-se com uma diversidade equilibrada com a zona de Hobjana. Essa redução na zona de

Muntanhana pode verificar-se por um possível período de reprodução de espécies de peixes.

✓ **Pássaros**

Desde janeiro de 2021 mais as contagens históricas desde 2013, foram feitas 105 contagens de pássaros em 20 unidades hidro-ecológicas. No estuário de rio Incomáti foram feitas 850 medições de salinidade para as épocas seca e húmida e 94 contagens. Foi possível verificar 65 000 aves aquáticas de 186 espécies dentre elas têm piscívoros, comedores de invertebrados bentónicos, muscívoros, insectívoros e herbívoros.

Verificou-se também que durante a época seca em outubro de 2021, com valor de salinidade era muito elevada cerca de 23 mS/cm correspondente a 14 psu numa zona que sofre inundação, não havia pássaros, Figura 10 a). Em janeiro de 2021, houveram cheias onde contribuíram para que zonas com salinidades elevadas reduzam os seus valores até 3 mS/cm que corresponde a 1.92 psu Figura 10 b). Depois a inundação com água salobra, verificou-se a presença de pássaros. O que significa que a abundância de pássaros varia com a salinidade, quanto maior forem os valores de salinidade, menor será o número de pássaros a habitar o local.



Figura 10 Comportamento dos pássaros com salinidade. a) zona habitada por pássaros com valores de salinidades elevadas durante a época seca; b) zona habitada por pássaros apos uma inundação; Por (Hamerlynck, 2023).

A inundação   importante para produtividade porque liga todos os habitats e permite a migração de peixes e crustáceos para a planície aluvial. A chuva sem inundação não   boa o suficiente para o ecossistema, apenas torna a vegeta o muito densa e alta e faz com que os lodaçais produtivos desapareçam e apenas sapos e libélulas fiquem felizes. Com as cheias, as marés e a altera o da água doce e salgada criam cadeias alimentares prósperas, por exemplo macrobentos na lama organismos com tamanho entre 0.5 mm a 10 mm, são alimento para peixes dos quais dependem pessoas, pássaros e outras formas de vida

Foi feita uma análise multivariada, onde foi possível identificar várias espécies de aves ligadas a diferentes regimes de salinidade. O Cormor o-grande alimenta-se em água salgada, o Corvo-marinho de cauda longa alimenta-se em água doce/salobra, o Pratincole de colarinho se alimenta de insectos voadores com estágio larval aquático (fresco ou ligeiramente salobro), pequenas lim colas comem invertebrados bent nicos que localizam na lama na maré baixa.

4.2. Serviços ecossist micos e comércio

Para identifica o de serviços ecossist micos e comércio no estuário de rio Incomáti, foram identificadas 6 zonas ao longo do rio designadas zona1; zona 2; zona 3; zona 4; zona 5 e zona 6 sendo bairros de Eduardo Mondlane; Samora Machel; Hobjana; Matsinane, Mbuva e Macaneta; Gazene e Muntanhana; e Maragra e Incoluane respectivamente.

Foram identificaas actividades geradoras de renda no estuário de rio Incomáti para os bairros de Eduardo Mondlane, Samora Machel, Hobjana, Mbuva, Macaneta e Muntanhana, Figura 11 a) e b). As actividades geradoras de renda identificadas pertencem as épocas a húmida e seca, Figura 11 a). Verificou-se que nos bairros de Eduardo Mondlane e Mbuva a actividade praticada com maior frequência   a agricultura, seguindo os bairros de Hobjana, Macaneta e Samora Machel. Essa actividade que pode ser afectada na época seca pela intrusão salina. A pesca   segunda a actividade praticada com maior frequência em Eduardo Mondlane, seguida por cria o de gado e emprego formal. No bairro de Samora Machel para além de agricultura, a pesca   outra actividade predominante. No bairro de Hobjana são praticadas outras actividades além de agricultura nomeadamente pesca e cria o de

gado que são as segundas actividades praticadas com frequência e corte e venda de caniço. Em Mbuva além de agricultura, a criação de gado é a actividade praticada no bairro. Em Macaneta, para além da criação de agricultura, pesca, criação de gado e corte de caniço, a colecta de invertebrados tais como camarão é feita com maior frequência comparando com as actividades predominantes no bairro. E no bairro de Muntanhana, as actividades predominantes são a pesca e o seu comércio.

Das actividades geradoras de renda identificadas no estuário a agricultura é a mais praticada onde contribui em 50% relativamente as outras actividades, Figura 11 b). As actividades de pesca, criação de gado, colecta de camarão, comércio de peixe, corte e venda de caniço e emprego formal contribuem com 21%, 13%, 7%, 5%, 3% e 1% respectivamente. Identificaram-se os recursos usados para o comércio, Tabela 1. O peixe-gato, sapateiro e caranguejos são os recursos mais caros com preços iguais ou superiores a 500mts. Peixe preto, tainha, magumba, camarão com tamanho medio e tigre e as ameijoas têm preços iguais ou superiores a 100 mts. E por fim o peixe pedra e bicuda são os mais acessíveis com preços iguais ou superiores a 50mts.

Verificou-se que a melhor época para pesca do peixe-gato, tilápia, tainha, peixe pedra e preto, bicuda, pescadinha, magumba e sapateiro é época húmida onde por mês pode vender-se cerca de 100 a 200 kg de peixe. As vendas mensais de camarão atingem cerca de 18 a 30 kg e caranguejos 50 kg por mês.

Tabela 1 Recursos para geração de renda. Elaborado por autor.

Recurso	Vendas mensais	Unidade	Preço (min-max) (Mts)
Peixe gato	Na escassez (5-10 Kg); na abundância (100-200 Kg).	Tigela (25L)	600-700
Tilápia		Kg	80-100
Tainha/Mullet		Kg	100-150
Peixe pedra		Kg	50-60
Peixe preto		Kg	200-300
Bicuda		Kg	80-100
Pescadinha/Hake	Melhor período para pesca: época húmida	Kg	200-250
Magumba		Kg	120-180
Sapateiro		Kg	2000-3000
Camarão (medio)	18-30 Kg	Kg	120-150
Camarão (tigre)		Kg	150-200
Caranguejos	50 Kg	Kg	500-700
Ameijoas		Kg	130-150

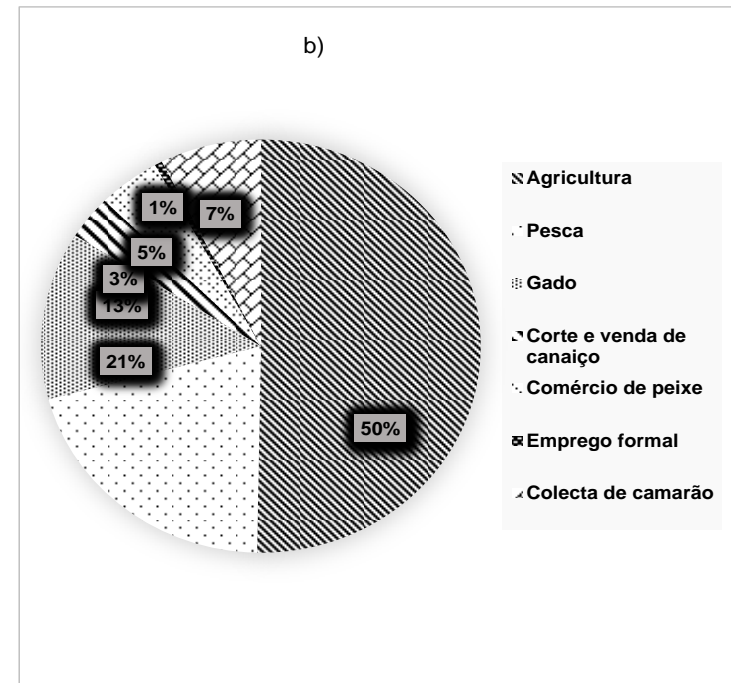
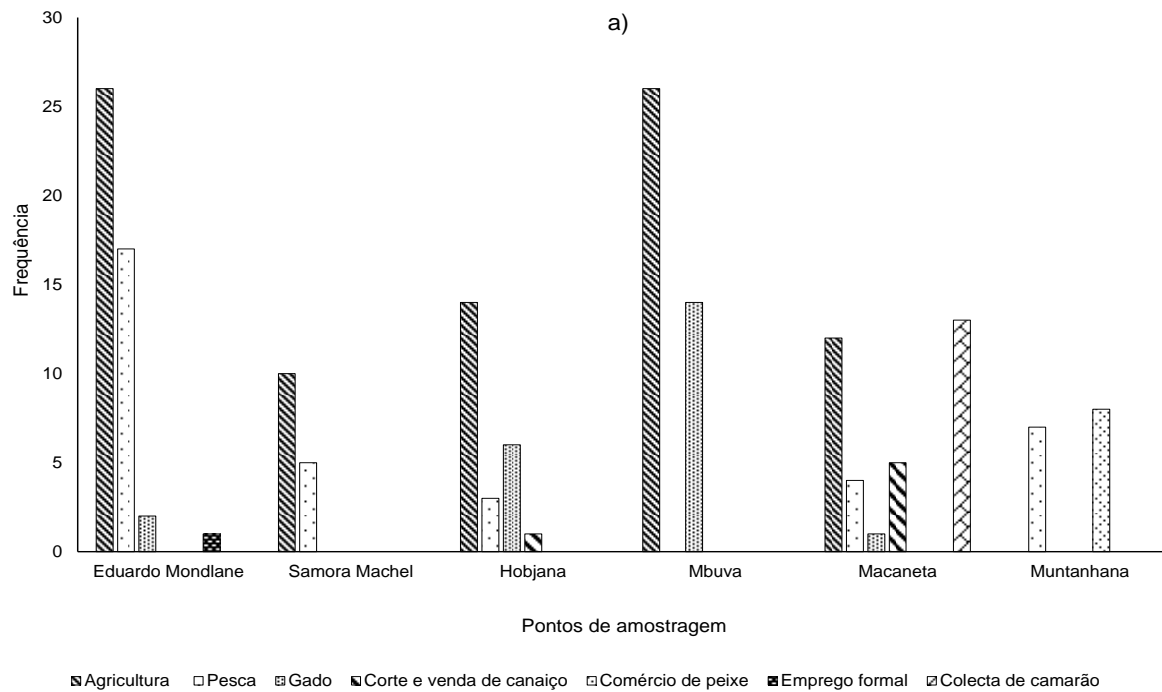


Figura 11 Actividades de Renda no estuário de Rio Incomáti. a) Frequência das actividades geradoras de renda no estuário de rio Incomáti por zonas; b) Percentagem de actividades geradoras de renda no estuário de rio Incomáti. Elaborado por autor.

Foram identificados os serviços ecossistémicos para épocas seca e húmida Figuras 12 e 13, divididos em quatro grupos, serviços ecossistémicos de provisão, de cultura, de regulação e de suporte. Verificou-se também a variação da biodiversidade nos pontos de amostragem para as épocas húmida e seca. Verificou-se que na época seca, tem menos serviços disponíveis, Figura 12. A zona de Hobjana é a que não dispõe de vários serviços ecossistémicos, por exemplo o grupo de serviços ecossistémicos de provisão fica indisponível, principalmente para os subgrupos de água potável, alimentação humana e cultivo agrícola. O subgrupo de alimentação humana é afectada em quase todas zonas, excepto na Ponte e Gazene, e fica menos disponível nas zonas de Incoluane, Maragra, Muntanhana e em alguns casos nas zonas de Hobjana e Macaneta. A biodiversidade é mais afectada nas zonas de Matsinane, Mbuva e em ponto em Hobjana. Essas indisponibilidades podem ser causadas pela possível diminuição de caudal do rio na época seca que causa a intrusão salina em algumas zonas.

Verificou-se que na época húmida, os serviços ecossistémicos dispõem-se em quase todas as zonas, Figura 13. A zona de Incoluane tem disponível todos os serviços ecossistémicos na época húmida incluindo a biodiversidade, seguida pela zona de Maragra que dispõem-se de todos os serviços ecossistémicos excepto o subgrupo de protecção contra inundações controle de regulação que não é disponível em todas as épocas e os subgrupos de controle de erosão e recreação e ecoturismo nos grupos de cultura e regulação que são menos disponíveis em todas as épocas. O subgrupo de alimentação apresentou melhorias em todas as zonas. As zonas de Matsinane e Mbuva ficam com a diversidade recuperada nessa época. A maior disponibilidade dos serviços ecossistémicos verifica-se na época húmida devido ao aumento do caudal do rio, que possivelmente reduz a intrusão salina nas zonas afectadas. Em geral, na época seca há maior indisponibilidade de serviços ecossistémicos relativamente a época húmida devido a redução de caudal de rio. Dos subgrupos de provisão, a alimentação humana apresenta uma mudança drástica de uma época para outra, na época seca é mais afectada relativamente a época húmida. A zona de Hobjana, nos pontos 8 a 11, apresenta maior indisponibilidade de serviços ecossistémicos para ambas épocas, a sua variação apenas verifica-se nos subgrupos de alimentação humana e água potável. A biodiversidade é afectada na época seca relativamente a época húmida, isso verifica-se mais nas zonas de Matsinane e Mbuva.

Época seca

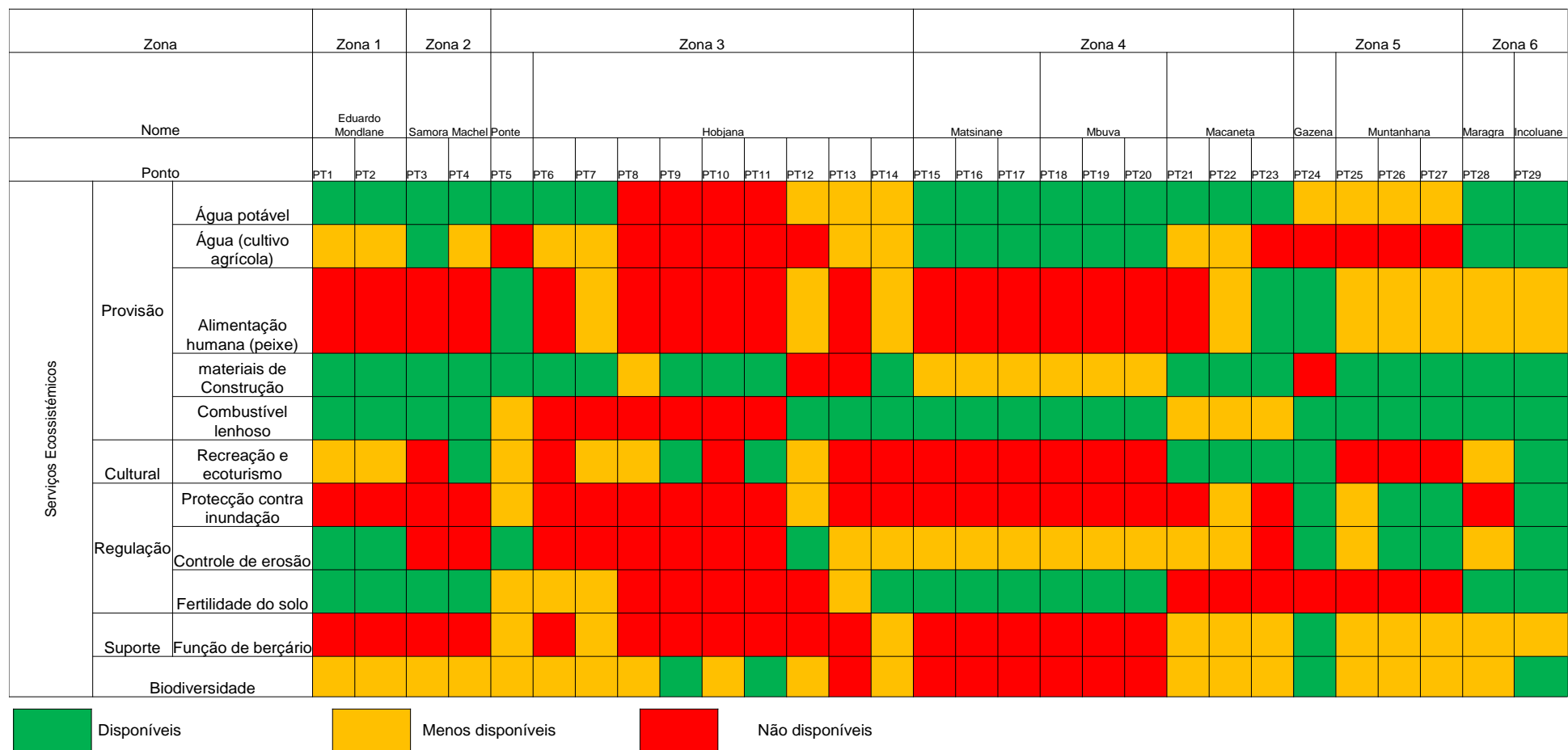


Figura 12 Serviços ecossistémicos no estuário de rio Incomáti na época seca, por (Shirima, 2022)

Época húmida

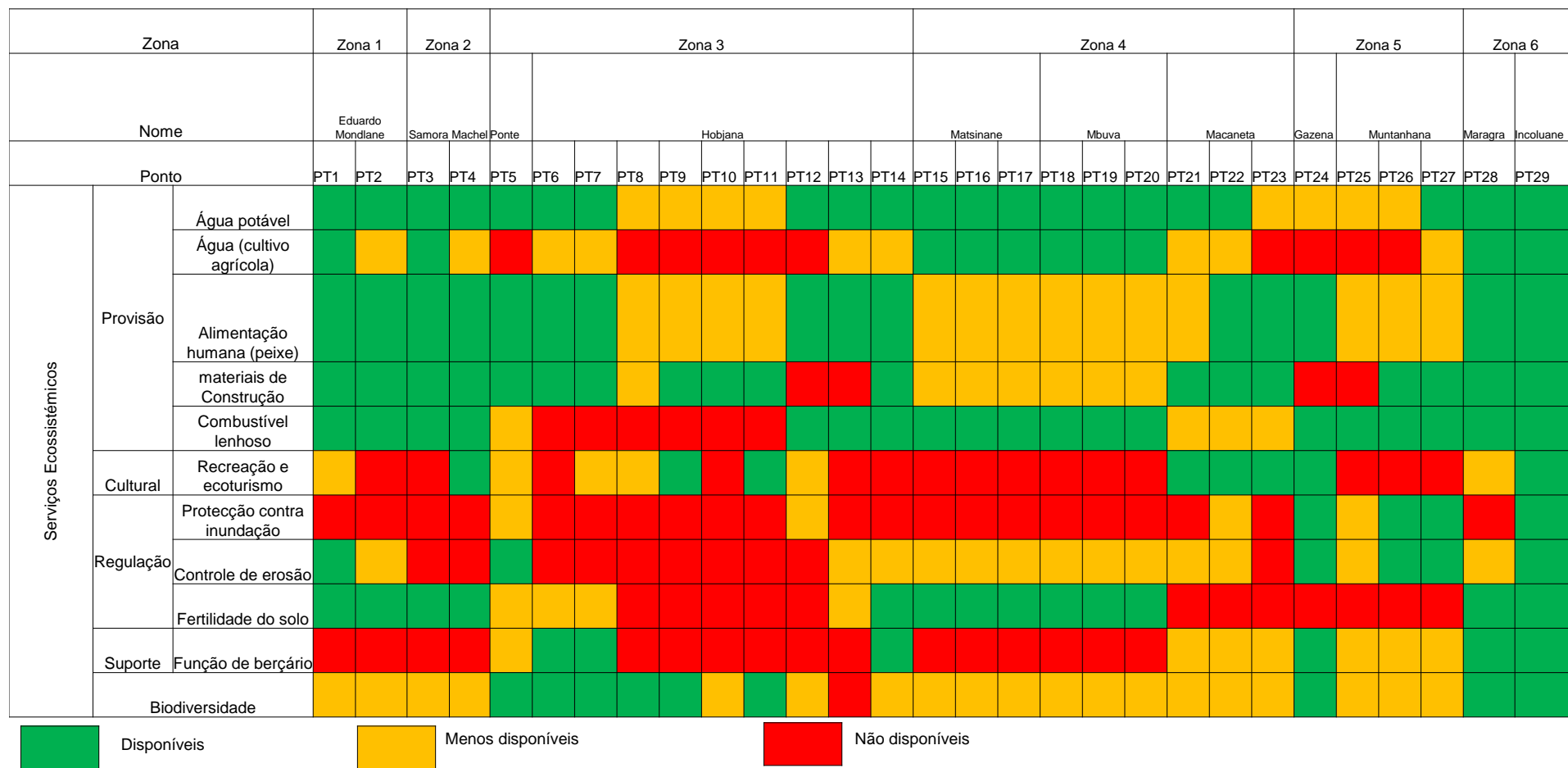


Figura 13 Serviços ecosistémicos no estuário de rio Incomáti na época húmida, por (Shirima, 2022)

4.3. Hidrologia e Qualidade de Água

Para a hidrologia e qualidade de água, usou-se medições de salinidade feitas ao longo do rio e nas terras húmidas, para as duas épocas seca e húmida. Os dados das medições feitas ao longo, foram calibradas usando dois modelos, o HEC-RAS para verificação das curvas de salinidade na época seca Figura 14, e modelo de intrusão salina para estuários para verificar a extensão máxima de intrusão e a variação do caudal com a extensão máxima de intrusão, Figura 15.

As curvas de intrusão salina representadas na figura 14, com variações de caudal de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ até $200 \text{ m}^3/\text{s}$ foram calibrados no modelo de HEC-RAS que considerando que na boca de estuário a salinidade começa dos 40 mg/L . As curvas de salinidade para época seca, húmida e de cheias foram geradas pelos dados observados no terreno. É possível verificar que para caudais abaixo de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ a extensão de intrusão salina chega até aproximadamente à $30\ 000 \text{ m}$ (30 km) desde a boca do estuário até ao interior, isso no período seco, na maré alta, e para caudais de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ até $200 \text{ m}^3/\text{s}$ a extensão de intrusão salina varia de $10\ 000 \text{ m}$ (10 km) desde a boca do estuário até $20\ 000 \text{ m}$ (20 km) para o interior do estuário.

Dos dados observados na época seca, nota-se que a extensão máxima de intrusão salina na seca chegou até $30\ 000 \text{ m}$ (30 km) e o caudal do rio para esse período variava no intervalo de $40 \text{ m}^3/\text{s}$ até $80 \text{ m}^3/\text{s}$. Na época húmida a extensão de intrusão salina varia entre $10\ 000 \text{ m}$ (10 km) até menos de $15\ 000 \text{ m}$ (15 km) desde a boca até ao interior de estuário, o caudal do rio nesse período variava no intervalo de $160 \text{ m}^3/\text{s}$ até $200 \text{ m}^3/\text{s}$. Na época de cheias desde ano o caudal do rio esteve acima dos $200 \text{ m}^3/\text{s}$ e a intrusão salina não chegou até pelo menos aos $10\ 000 \text{ m}$ (10 km) desde a boca até ao interior do estuário. A redução de intrusão salina nas épocas húmida e de cheias verifica-se pelo aumento de caudal de rio.

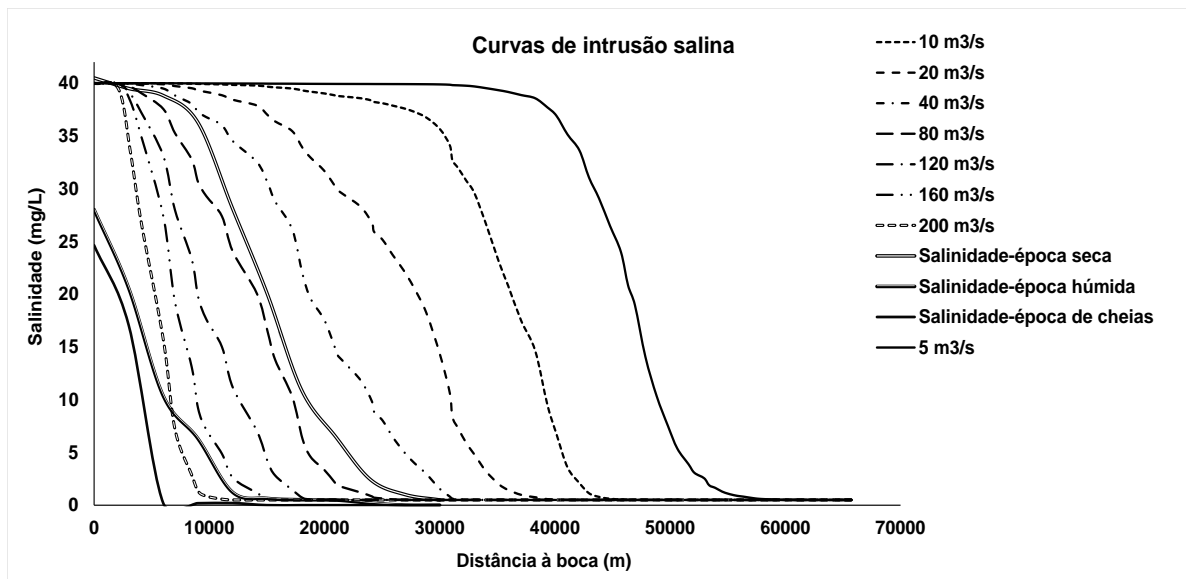


Figura 14 Curvas de Salinidade na época seca durante a maré alta. Elaborado pelo autor.

Usaram as medições feitas na época seca durante a maré alta para o modelo de intrusão salina, Figura 15. A figura 15 a) representa a extensão de intrusão salina máxima dos dados observados no campo durante o período seco na maré alta e baixa. Verifica-se que na maré alta, a extensão de intrusão salina chega até 30 000 m (30 km) desde a boca até ao interior do estuário, e na maré baixa, a extensão de intrusão salina varia no intervalo de 20 000 m (20 km) até 25 000 m (25 km). A figura 15 b) representa a variação da extensão de intrusão salina em função do caudal. As variações foram feitas para caudais de 0 m³/s até 100 m³/s. Nota-se que para caudais abaixo de 40 m³/s, a extensão de intrusão salina varia de 60 000 m (60 km) até aproximadamente a 90 000 m (90 km), e para caudais de 40 m³/s até 100 m³/s não há um aumento significativo de extensão de intrusão salina de 60.000 m (60 km).

A figura 15 c) representa a variação de extensão de intrusão salina para caudais acima de 100 m³/s até 400 m³/s. É possível verificar que há uma redução de extensão de intrusão se variar o caudal dos 100 m³/s até 200 m³/s, a extensão reduz de 60 000 m (60 km) até 50 000 m (50 km) e para caudais dos 200 m³/s até aos 400 m³/s a extensão quase que fica constante 50 000 m (50 km), porque não apresenta nenhuma redução ou aumento de intrusão salina. A figura 15 d) mostra que para caudais se aumentar o caudal de 0 m³/s até 200 m³/s, haverá uma redução de extensão de intrusão salina e para se aumentar o caudal de 200 m³/s até 400 m³/s não haverá uma redução significativa de intrusão salina no estuário.

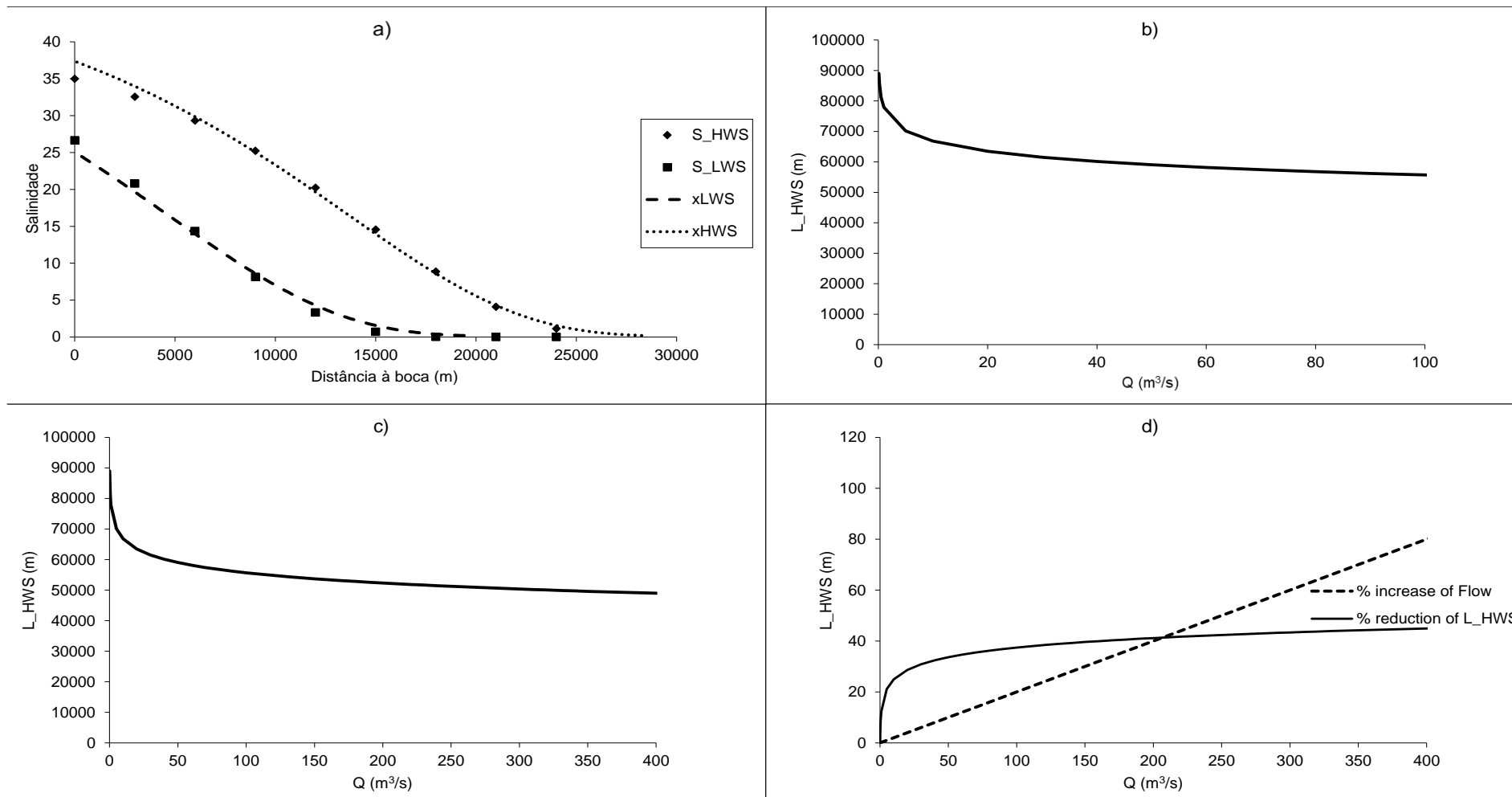


Figura 15 Intrusão salina durante a mare alta e baixa. As medições são indicadas pelos símbolos e as curvas de salinidade calibradas por linhas contínua e tracejada a). Extensão de intrusão salina para caudais de 0 m³/s até 100 m³/s b). extensão de intrusão salina para caudais de 0 m³/s até 400 m³/s c). Redução de intrusão salina, com o aumento de caudal, a linha contínua mostra a percentagem de redução de intrusão salina na mare alta e a linha tracejada, a percentagem de aumento de caudal no rio d). Elaborado pelo autor.

A história de tentativas de desenvolvimento de acordos de partilha de água é representada na Figura 16 a), iniciado em 1964 Cunene – pós seca; 1984- pós-cheia Komati, pigs peak em 1991, e IIA em 2002 com o objectivo de garantir a gestão sustentável de recursos hídricos.

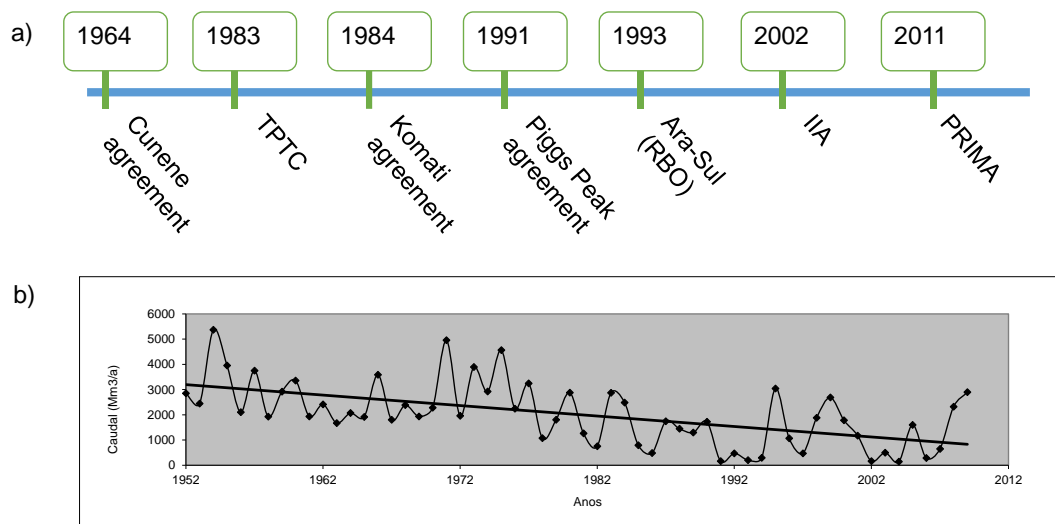


Figura 16 Gestão sustentável de recursos hídricos. a) desenvolvimento de acordos de partilha de água; b) histórico de caudal no rio Incomati. Elaborado por autor.

Na década de 90, houve uma redução de caudal de rio, Figura 16 b) que teve um grande impacto na zona de Muntanhana, esta zona localiza-se próximo a boca do estuário. Essa redução deveu-se ao enchimento de barragens sul africanas, o que contribui para que a extensão de intrusão salina aumente desde a boca do estuário ao interior. Em 1991, Moçambique sofre uma seca severa, factor este também que contribui para o aumento da salinidade (Direcção Nacional de Gestão Ambiental, 2005). A comunidade de Muntanhana, afirmou que desde a década 90 não produz arroz, devido a intrusão salina, isso verifica-se na Figura 16 b) onde há uma redução extrema de caudal de rio.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Hidrologia e qualidade de água

A hidrologia e qualidade de água do estuário estão representados nas figuras 14 e 15. As duas modelações admitem que com o aumento de caudal de rio, a extensão de intrusão salina reduz de forma significativa, lembrando que os dois modelos foram calibrados para condições extremas (maré alta e época seca). O modelo hidrológico permite escolher até que distância pretende evitar a intrusão salina de acordo com o gráfico a) figura 17 b) e c). E o modelo de intrusão salina para estuário admite que a extensão pode ser evitada de forma significativa caso o caudal seja aumentado até 200 m³/s e acima de 200 m³/s a extensão não varia de forma significativa, permanece quase constante, Figura 17. Considerando as condições extremas usadas para calibração de modelos, caudais de 120 m³/s a 200 m³/s podem reduzir a extensão de intrusão salina encontrada na época seca.

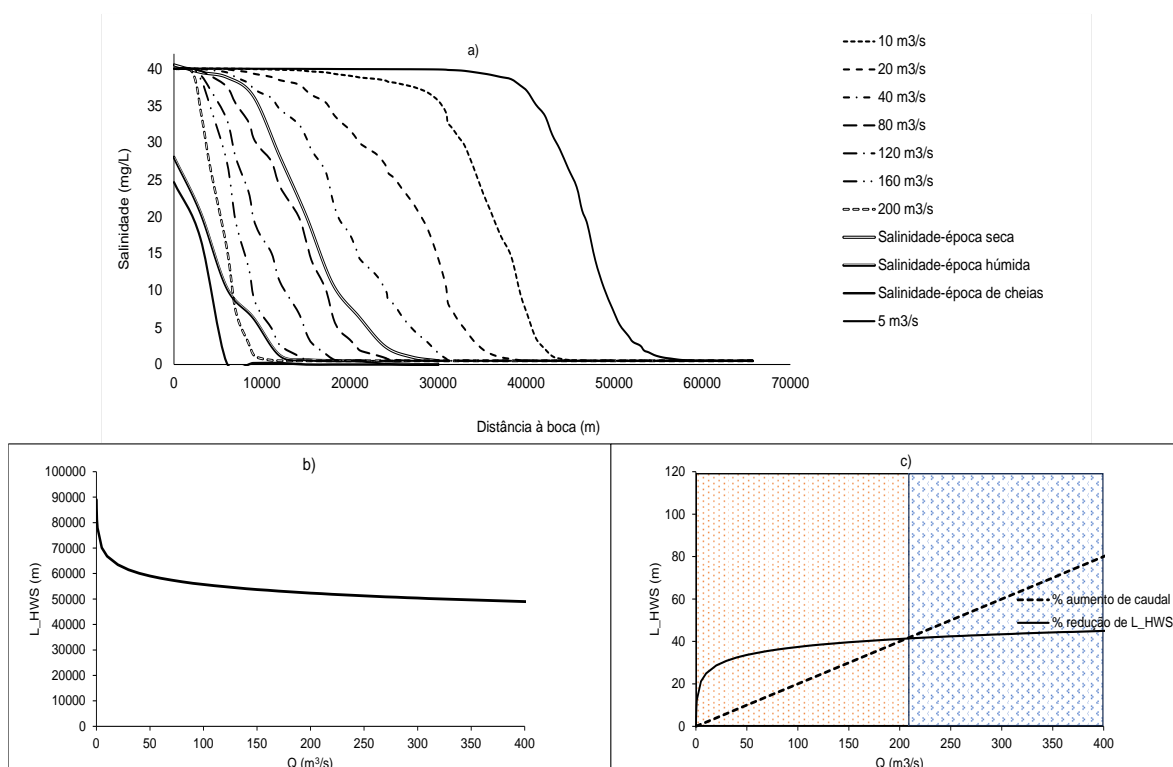


Figura 17 Modelação no estuário. a) curvas de intrusão salina usando modelo hidrológico; b) curva de intrusão salina usando modelo de intrusão salina para estuários; c) percentagem do aumento de caudal com a redução da extensão usando modelo de intrusão salina para estuários. Elaborado pelo autor.

5.2. Ecologia e serviços ecossistémicos

A ecologia do estuário de rio Incomáti, incluiu quatro (4) partes nomeadamente o fitoplâncton, zooplâncton, macrofauna e pássaros. Verificou-se as salinidades medidas nas duas épocas de estudo seca e húmida reduziam sempre a montante e na zona a jusante os valores eram altos.

Para fitoplâncton e zooplâncton verificou-se que a diversidade nos pontos de amostragem a jusante apresentava valores altos, o que significa que as espécies encontradas nesses pontos pertencem a espécies de água do mar, e nos pontos a montante a diversidade apresentava o mesmo comportamento o que significa que as espécies encontradas nesses pontos pertencem a espécies de água doce. Esse comportamento verificou-se para as duas épocas do fitoplâncton e uma época seca de zooplâncton. Os pontos médios apresentaram variações o que indica que o estuário é a zona de instabilidade devido a influência das marés, por isso apresentaram diversidades baixas. Verificou-se que a zona de instabilidade (zona tampão) é deslocada para cada época, encontra-se mais para interior na época húmida e mais a jusante na época seca.

Para a macrofauna verificou-se que zonas de amostragem mais próximas à boca de estuário apresentara diversidades altas o que significa que espécies encontradas pertencem a água salgada, o mesmo comportamento verificou-se na para zonas a jusante apresentaram diversidades elevadas de espécies de água doce, Figura 18 a) e b). Esse fenómeno verificou-se na época seca. Na época húmida as diversidades comparadas com a época seca apresentaram valores reduzidos e isso deve-se ao facto de que a melhor época para reprodução de peixes por exemplo é a época húmida. Uma particularidade verificada nos pontos de amostragem foi a zona de Hobjana, que durante a época seca sofre de intrusão salina e apresentou diversidade baixa nessa época, e na época húmida a diversidade é recuperada. Contudo, a variação da diversidade é influenciada pela redução de caudal do rio no estuário.

Para os pássaros, verificou-se que na época seca com valor de condutividade eléctrica elevada cerca de 23 mS/cm nos de pontos de amostragem não havia pássaros por observar isso na época seca e na época húmida com valor de condutividade eléctrica muito baixa cerca de 3 mS/cm nos pontos de amostragem

havia pássaros por observar. Ensuma a presença de pássaros no estuário de rio Incomáti é influenciada pela extensão de intrusão salina.

As actividades socioeconómicas no estuário de rio Incomáti incluem a prática de agricultura, pecuária, pesca, corte e venda de caniço, colecta de camarão, e emprego formal, Figura 18 c). Verificou-se que zonas mais próximas a montante dependem de agricultura, pesca, pecuária e emprego formal, e para zonas mais a jusante dependem de pesca, comércio de peixe e colecta de camarão. As zonas intermédias dependem mais de agricultura, pesca, pecuária, e corte e venda de caniço, porém essas actividades são afectadas na época seca devido aos valores altos de salinidades, assim as comunidades locais são obrigadas a adaptarem-se as condições que lhe são apresentadas, não praticando por exemplo agricultura.

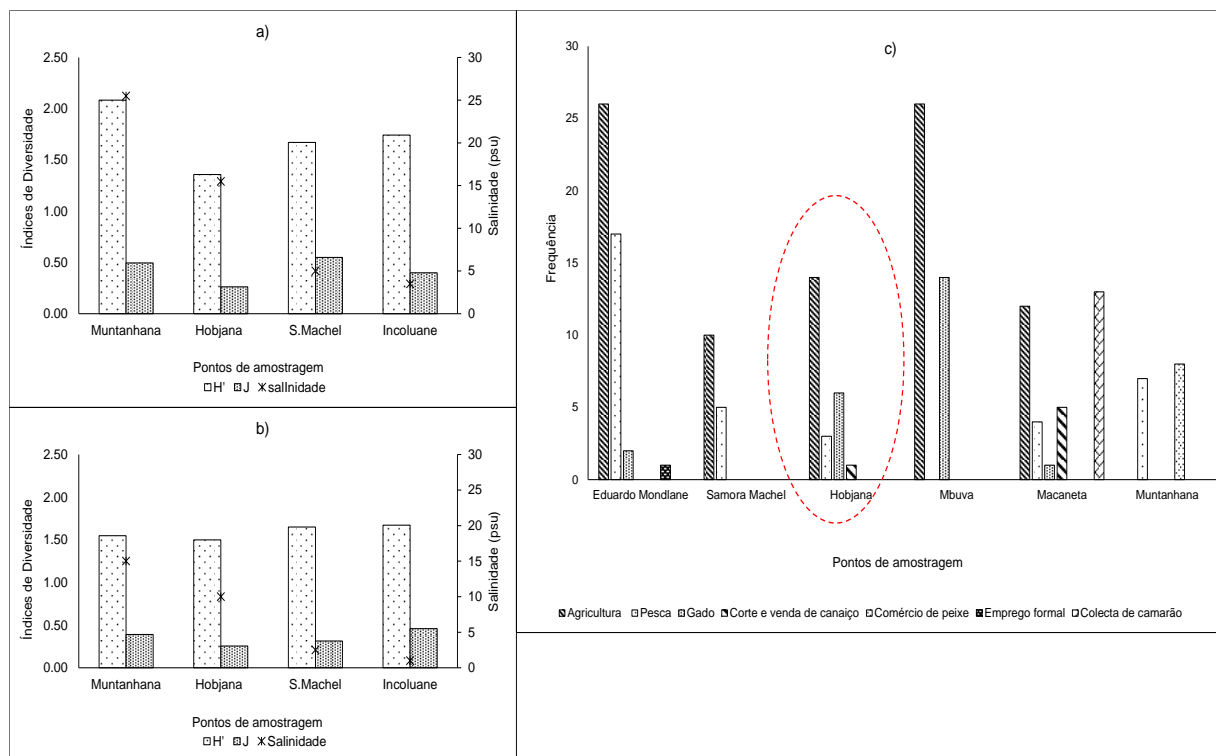


Figura 18 Macrofauna e Serviços ecossistémicos. a) Macrofauna na época seca; b) Macrofauna na época húmida; c) serviços ecossistémicos. Elaborado por autor.

A zona de Hobjana que se localiza aproximadamente à 30 km da boca, é uma das zonas que sofre de intrusão salina, e durante a época seca adapta-se as condições de salinidades altas, por exemplo mudança de cultura, Figura 18. Hobjana tem como principal fonte de renda a prática de agricultura, seguida de pecuária, pesca, e corte e venda de caniço. Essas actividades são influenciadas em todas épocas seca

(salinidades elevadas) e húmida (cheias que lhe são favoráveis). A condutividade eléctrica na época seca em Hobjana varia no intervalo de 6 000-10 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Figura 19 b) e na época húmida no intervalo de 400-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Figura 19 a).

Uma vez que a extensão de intrusão salina varia em função ao caudal do rio, Figura 19 a) e b), a zona de Hobjana na época seca com condutividade eléctrica no intervalo de 6 000-10 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, continha um caudal do rio menor que 80 m^3/s , Figura 19 b). E na época húmida com condutividade eléctrica no intervalo de 400-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Hobjana continha um caudal de rio acima de 160 m^3/s , Figura 19 c). Se o interesse for proteger a zona de Hobjana da intrusão salina na época seca precisaria de um caudal de rio acima de 80 m^3/s para reduzir a extensão de 30 km até 17 km.

Um caudal de rio acima de 80 m^3/s garante a prática de agricultura em Hobjana, a ocorrência de pássaros nas terras húmidas, recuperação de diversidade biológica e consequentemente a actividade pesqueira é recuperada, a prática de pecuária fica influenciada positivamente. Caudais menores que 80 m^3/s exigem uma gestão de intrusão para Hobjana através de uma comporta no canal que alimenta as áreas agrícolas. E se o caudal de rio for acima de 40 m^3/s na época seca, garante a prática de agricultura nas zonas a montante do estuário, como Eduardo Mondlane e Samora Machel e pesca de água doce.

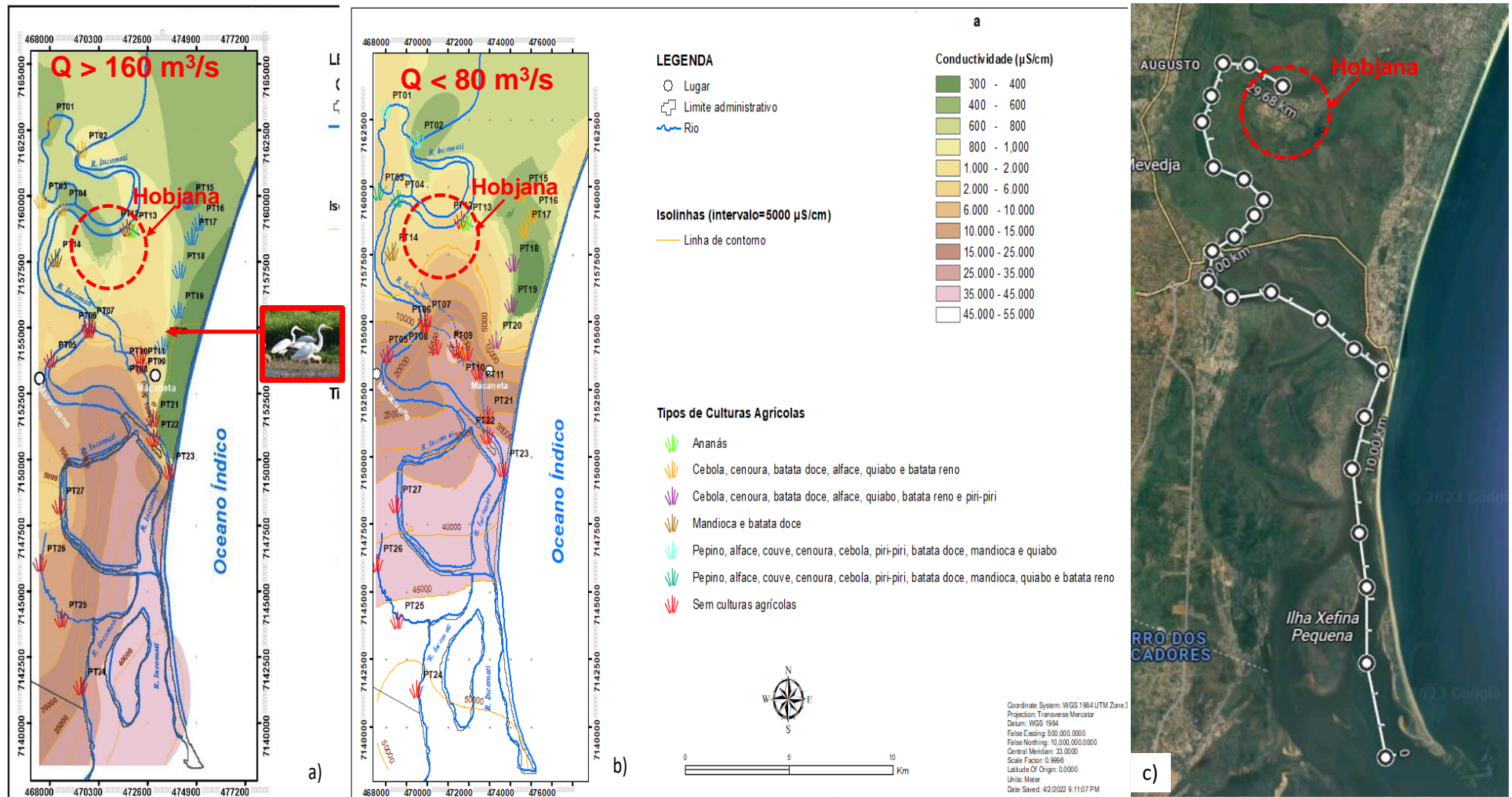


Figura 19 Serviços ecossistêmicos e localização da zona de Hobjana. a) Tipos de cultura agrícolas na época húmida; b) tipo de culturas agrícolas na época seca; c) localização da zona de Hobjana, por (Shirima, 2022) e elaborado por autor.

5.3. Alocação da água na bacia no rio Incomáti

O Rio Incomáti desde a fronteira de África do Sul está alocado a vários serviços de utilização até ao baixo Incomáti, Figura 20. O Komati é alimentado pelo Rio Crocodilo, um afluente importante do oeste, adjacente à cidade de Komatipoort, se tornando o Incomáti antes de desaguar através das montanhas de Lebombo em Moçambique, onde é acompanhado pelo Rio Sábie a norte e é posteriormente conhecido como o rio Incomáti (ARA-Sul, 2016).

Ao longo do Rio Sábie, está localizada a barragem de Corumana imediatamente a jusante da fronteira com África do Sul no distrito de Moamba na Província de Maputo. É uma barragem de aterro (núcleo de rocha inclinada enche a barragem com 45 m de altura e 3.050 m de comprimento de crista) construída entre 1983 e 1989 (ARA-Sul, 2016). A barragem foi construída originalmente para melhorar o controlo de inundações, regulação para abstracções de irrigação a jusante e produção de energia hidroeléctrica.

Em 2014 foi iniciada a construção de um novo reservatório, Moamba-Major, ao longo do Rio Incomáti, que terá a capacidade para armazenar 760 Mm³ de água, e será parcialmente utilizada para a irrigação no vale do rio e para a produção de 15 megawatts de energia eléctrica para adicionar à rede nacional de energia. A barragem Moamba-Major também é projectada para ajudar a resolver o défice de água potável em Maputo, Matola, Boane e Marracuene (ARA-Sul, 2016).

Ao longo do Rio Incomáti no distrito de Magude na província de Gaza, a água é usada para o abastecimento, irrigação e pecuária. Após a confluência com o Rio Uaneteze e Lago Chuali, a açucareira de Xinavane e Maragra usam a água do rio cerca de 89.11 m³/ano e 11.61 m³/ano, respectivamente, tabela 2. E no baixo Incomáti, o rio conta com as actividades locais como agricultura, pecuária, pesca, colecta de camarão e equilibrar funcionamento normal do estuário incluindo evitar a intrusão salina.

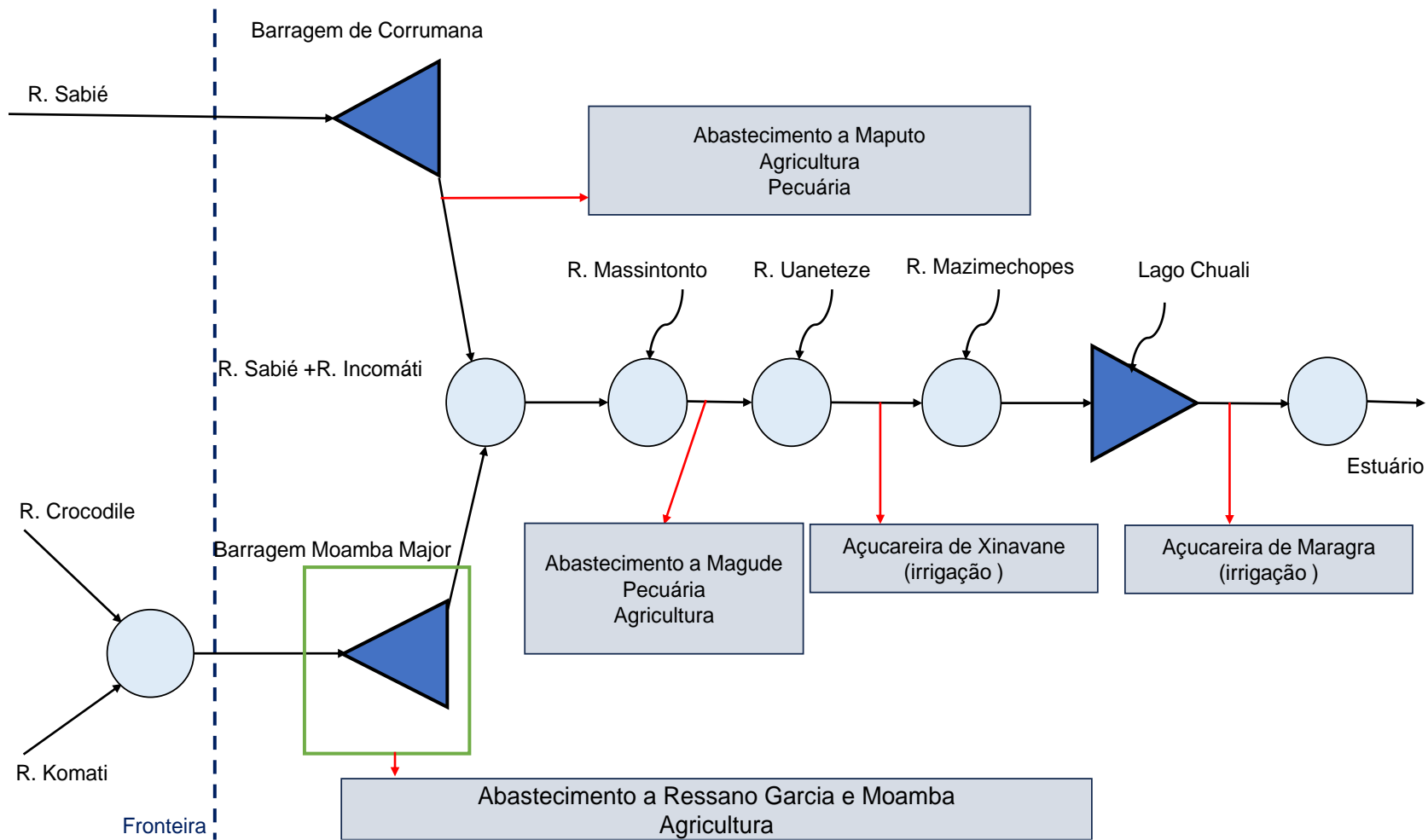
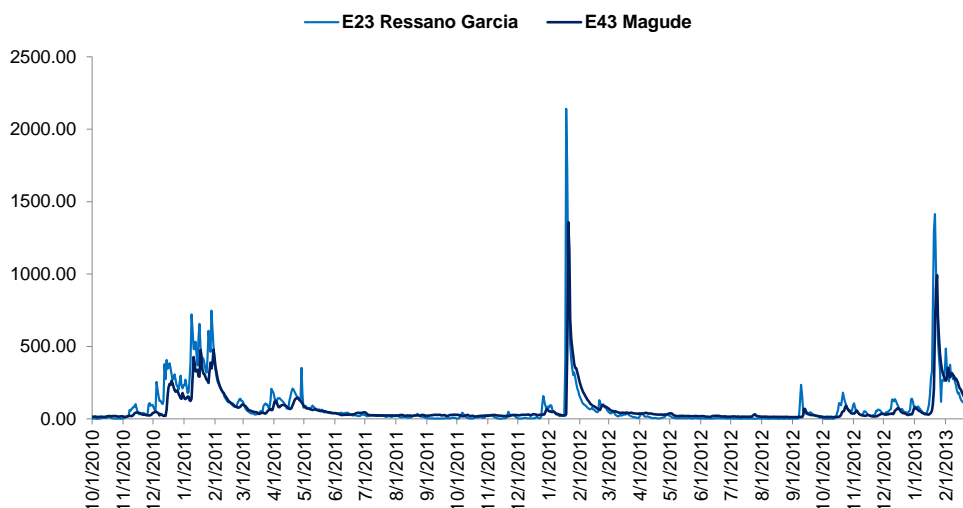


Figura 20 Alocação de água na bacia de Incomati. Elaborado pelo autor

Tabela 2 Necessidades diárias de água na bacia de Incomáti, por (ARA-Sul, 2016)

Bacia de Incomáti-Necessidades diárias (m³/s)				
Mês	Q Xinavane	Q Maragra	Q Outros usos	Q neces. água.
Abril	6.2	1.45	0.5	8.15
Maio	5.36	1.32	0.5	7.18
Junho	5.42	1.2	0.5	7.12
Julho	5.05	1.28	0.5	6.83
Agosto	6.24	0.86	0.5	7.6
Setembro	7.12	0.93	0.5	8.55
Outubro	7.89	1.06	0.5	9.45
Novembro	9.17	1.29	0.5	10.96
Dezembro	9.27	1.08	0.5	10.85
Janeiro	8.3	1.13	0.5	9.93
Fevereiro	9.59	0.01	0.5	10.1
Março	10.16	0	0.5	10.66
Anual	89.77	11.61	6	107.38

De acordo com os dados da ARA-SUL os caudais máximo, médio e mínimo de fronteira vindo de África do Sul na estação de Ressano Garcia num período de 5 anos (2009-2013) foi de 2140.73 m³/s, 80.34 m³/s e 0.64 m³/s, respectivamente, Figura 21. E os caudais máximo, medio e mínimo que chegam a estação de Magude após a confluência com os rios Sábie e Massintonto no período de 5 anos (2009-2013) foram de 1358.61 m³/s, 5.97 m³/s e 64.91 m³/s, respectivamente. Considerando o período seco que passa um caudal mínimo de fronteira de 0.64 m³/s e as contribuições dos rios Sábie, Massintonto, Uaneteze, Mazimechopes e lago Chuali ao longo do rio Incomáti e suas utilizações, o caudal que chega ao estuário de Rio Incomáti não pode reduzir a extensão de intrusão salina no estuário em aproximadamente 30 km correspondente a zona de Hobjana (zona de interesse).



E23 Ressano Garcia (2009-2013)		E43 Magude (2009-2013)	
Qmax (m³/s)	2140.73	Qmax (m³/s)	1358.61
Qmin (m³/s)	0.64	Qmin (m³/s)	5.97
Qmed (m³/s)	80.34	Qmed (m³/s)	64.91

Figura 21 Estações Hidrométricas. Elaborado por autor

Uma vez que a bacia do Incomáti, é partilhada por três países, em 1991 na primeira fase do projecto JIBS (Joint Inkomati Basin Study) os países concordaram que o caudal mínimo transfronteiriço em Ressano Garcia seria de 2 m³/s em média ao longo de um ciclo de três dias (van Eekelen et al., 2015). Em 2002, assinaram um novo Acordo Provisório Tripartite (TIA) onde cada país elaborou o seu próprio plano de distribuição de água mediante as suas utilizações, e nesse acordo, o caudal mínimo de fronteira passou a ser de 3 m³/s (Kachapila, 2004; TIA, 2002). Na segunda fase de JIBS (Joint Inkomati Basin Study) em 2001, citada em Kachapila (2004) estimou-se um caudal ambiental mínimo necessário para controlar a intrusão salina no estuário de Rio Incomáti de 5 m³/s. Vários estudos foram feitos no estuário de Rio Incomáti sobre a intrusão salina, onde Macuiane (2003) concluiu que para evitar que a extensão da intrusão salina não afecte as terras de cultivo de baixo Incomáti localizadas à 20 km da boca é necessário um caudal de 8 m³/s.

O Hogueane & António (2016) concluíram que para reduzir a extensão da intrusão salina à 20 km da boca é necessário um caudal de 20 m³/s. O Jambane (2018) concluiu que a mudança no caudal de Rio Incomáti verifica-se devido as operações de barragens sul africanas, onde foi acordado um caudal mínimo de 0,6 m³/s para a barragem de Corumana, 2,6 m³/s em Ressano Garcia e 3 m³/s em Marracuene, e para o controlo de intrusão salina no estuário de Rio Incomáti foi recomendado para se 5 m³/s. Usando modelo hidrológico e modelo de intrusão salina para estuários, o caudal ambiental mínimo necessário para evitar a intrusão salina até 30 km à boca deve estar acima de 80 m³/s, na época seca e nas condições extremas.

✓ **Workshop**

Após verificar-se o caudal, realizou-se um workshop que envolveu líderes do distrito de Marracuene, comunidades de Macaneta, Hobjana e Muntanhana, autoridades de ARA-Sul e açucareira de Xinavane, cientistas na área de biologia e engenharia, hidrologistas e historiadores para a aprovação do caudal ambiental para o estuário de rio Incomáti.

As comunidades falaram dos pontos que lhes interessam, principalmente da intrusão salina, onde para comunidade de Hobjana, a intrusão salina é um problema que afecta as suas culturas e são obrigadas a adaptar-se as condições de salinidades altas, e usam como indicadores de aproximação de intrusão salina: (i) a presença de matope no canal que indica aproximação de maré alta, (ii) desaparecimento das macrófitas que são plantas de água doce, (iii) presença de peixe de água salgada e caranguejo. A comunidade de Muntanhana depende da água da chuva, portanto a urbanização e baixas precipitações conduzem a elevadas salinidades, e nessa comunidade não há drenagem de água da chuva e zonas onde há produção de arroz não depende da água do rio pois há um reabastecimento subterrâneo (ressurgência). Verificou-se que durante as cheias de 2023 a açucareira de Maragra parou de funcionar e a comunidade de Hobjana beneficiou-se desse cenário porque a açucareira não usava água do rio para agricultura.

Para os biólogos a seca é um fenómeno importante e é necessária para migração e reprodução de espécies, por isso, deve estimar-se um caudal mínimo que garanta a não eliminação de ocorrência de seca. Para os

hidrologistas adaptar medidas de gestão na barragem de Corumana pode garantir o caudal que se pretende no estuário.

Para a ARA-Sul não é possível responder o caudal proposto para o estuário do rio Incomáti, porque o caudal de fronteira acordado em Ressano Garcia é de 3 m³/s num ciclo de três dias e não considerando as questões ambientais, o Rio Sábie contribui com um caudal médio anual de 20 m³/s, a capacidade de armazenamento da barragem de Corumana é de 1.380 Mm³ com um caudal de descarga de 18-20 m³/s, o caudal médio anual de Rio Incomáti é de 50 m³/s e a demanda no estuário é maior que 40 m³/s. Portanto, considerando as utilizações existente ao longo da bacia não é possível obter o caudal proposto para reduzir a cunha salina até 30 km, e o país não tem infra-estruturas capazes de armazenar grande quantidades de água, ou seja, por mais que seja cordado um caudal acima de 80 m³/s.

Como soluções propostas, verificou-se que uma vez que as estruturas hidráulicas como barragens, açudes, afectam o caudal do rio ou mudam o regime de caudal, a adoção de medidas de gestão na barragem de Corumana como descarga no momento de pico, a colocação de uma comporta na zona de Hobjana seriam medidas adequadas para redução de extensão de intrusão salina. A outra medida seria no período de marés vivas que acontecem em Março e Setembro de cada ano, devia se descarregar um caudal acima de 80 m³/s para reduzir extensão de intrusão salina, e não considerando o período de pico, o caudal ambiental para estuário de Rio Incomáti pode ser de 40 m³/s, porque este caudal reduz a intrusão salina o até 32 km à boca de estuário.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Existem vários métodos para a estimativa de caudais ambientais. Contudo, estes métodos foram combinados para formar apenas cinco métodos, nomeadamente o método hidrológico, método hidráulico, simulação de habitat, método holístico e a modelagem ecossistémica. O método usado para este trabalho é de modelagem ecossistémica, o mais recente e que considera os seguintes componentes (1) medições de campo, (2) as principais componentes do ecossistema, (3) dados existentes e a opinião de especialistas, (4) modelos do ecossistema, (5) séries temporais da água, sedimentos e biota, (6) métodos semi-quantitativo, (7) análise de cenários, e (8) aspectos de gestão. O método de modelagem ecossistémica apresenta uma versão avançada do método holístico.

O estuário de Rio Incomáti, possui um clima tropical húmido, com as feições geológicas de uma planície aluvial que se estende ao longo da zona costeira dominada por dunas costeiras e planícies interiores arenosas. Apresenta extensos mangais, um total de 2.334 indivíduos de 6 espécies, possui cerca de 38 espécies de peixes de água doce e é santuário para colónias de reprodução de cerca de 186 espécies de aves aquáticas. Os seus principais serviços ecossistémicos e de renda são: agricultura e pesca como actividades básicas, criação de gado, corte e venda de caniço, colecta de camarão e emprego formal.

A informação disponível e considerada para estimar o caudal ambiental do estuário de Macaneta inclui: (1) informação biológica do estuário, especificamente o fitoplâncton, zooplâncton, a macrofauna e pássaros; (2) Informação sobre serviços ecossistémicos, particularmente de renda do estuário, (3) informação sobre a qualidade da água e (4) informação hidrológica. A informação biológica, de serviços ecossistémicos e de qualidade da água inclui medições no terreno para as duas épocas, obtidos em campanhas de campo realizadas entre os anos de 2021 e 2023; a informação de qualidade da água e hidrológica foi usada para desenvolver modelos para estimar o caudal ambiental; e a informação hidrológica inclui séries temporais que foram usadas para averiguar as mudanças na disponibilidade de serviços ecossistémicos obtidos em entrevistas às comunidades.

A informação listada acima, (1) analisada considerando a disponibilidade e necessidades de água para os diferentes usos na zona do Baixo Incomati; (2) necessidade de preservar as actuais condições biológicas, nomeadamente o perfil de distribuição da diversidade biológica ao longo do estuário; (3) ocorrência de macrofauna, particularmente peixe; (4) ocorrência de pássaros e desenvolvimento da agricultura, particularmente nas terras húmidas de Macaneta, indicou a necessidade de manter a intrusão salina à 30 km da boca do estuário. Adicionalmente, através da consulta as partes interessadas, conclui-se que a intrusão salina acima de 30 km da boca do estuário poderá afectar a actividade agrícola na comunidade de Hobjana que é umas das principais fontes de renda.

O caudal ambiental estimado com base na modelação hidrológica e de qualidade da água para manter a intrusão salina a 30 km da boca do estuário é de 80 m³/s. Porém, aspectos de gestão indicados pela ARA-Sul durante a consulta as partes interessadas indicam que as infraestruturas hidráulicas disponíveis, particularmente a barragem de Corumana, não são capazes de garantir a libertação de um caudal de 80 m³/s durante todo o ano. Neste caso, admitindo que o caudal foi estimado considerando condições extremas, marés do equinócio que ocorrem nos meses de Março e Setembro, a modelação hidrológica mostrou que um caudal de 40 m³/s poderá conter a intrusão salina abaixo de 30 km da boca do estuário nos restantes períodos do ano. No caso de a intrusão salina exceder 30 km, medidas de gestão devem ser adoptadas para evitar que a actividade agrícola na zona de Hobjana seja afectada. A principal medida de gestão sugerida é o fecho da comporta do canal que leva água para as áreas agrícolas.

Por fim, para melhorar a estimativa do caudal ambiental obtido neste estudo propõe-se: (1) considerar o transporte de sedimentos e a erosão; (2) considerar a saúde pública e a recreação cultural; (3) aprimorar a análise do efeito das mudanças climáticas; (4) criar curvas de vazão em lugares estratégicos para ajustar o caudal proposto; (5) melhorar a qualidade de modelos desenvolvidos com na base em medições no terreno; e (6) melhorar o estudo de do efeito da ressurgência para o funcionamento das terras húmidas de Macaneta.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acreman, M., & Dunbar, M. J. (2004). Defining environmental river flow requirements - A review. In *Hydrology and Earth System Sciences* (Vol. 8, Issue 5, pp. 861–876). Copernicus GmbH. <https://doi.org/10.5194/hess-8-861-2004>
- Almeida, G. M. de, & Silva Junior, G. C. da. (2007). Factores hidrogeológicos no estudo da intrusão salina em aquíferos costeiros da região litorânea do município de Maricá - RJ. In *Anuário do Instituto de Geociências* (Vol. 30, Issue 2). https://doi.org/10.11137/2007_2_104-117
- ARA-Sul. (2016). *Modelo de Alocação de Água para a Bacia do Rio Incomati, Moçambique*.
- ARA-SUL- DGBI. (2008). <https://www.ara-sul.gov.mz/a-unidade-de-gestao-da-bacia-do-incomati-ugbi>
- Arthington, A. H. (1998). *Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: review of holistic methodologies*. Land & Water Resources Research and Development Corporation.
- Arthington, A. H., Tharme, R. E., Brizga, S. O., Pusey, B. J., & Kennard, M. J. (n.d.). *Environmental Flow Assessment with EMPHASIS on Holistic Methodologies*.
- Bandeira, S., Andrefouet, S., Bhagoolo, R., Beymer-farris, B. A., Bosire, J., Brito, A., Celliers, L., Gipperth, L., Groeneveld, J., Halo, I., Hicks, C., Kilindwa, K., Lavitra, T., Lugendo, B., Mmochi, A., Muthiga, N., Newman, B., Robinson, J., Rosendo, S., ... Troell, M. (2015). Western Indian Ocean Marine Science Western Indian Ocean Marine Science Editorial Board Issufo HALO. In *Amante and Eakins / National Geophysical Data Center* (Vol. 14, Issue 2). <http://www.ajol.info/index.php/wiojms/about/submissions>
- Bharucha, E. (2004). Biodiversity and its conservation. In *Environmental Studies for Undergraduate Course* (pp. 82–108).

- Bhuiyan, C. (2022, May 1). Environmental flows: issues and gaps—a critical analysis. *Sustainability Science*, 17(3), 1109–1128. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01092-4>
- Biondi, D., & Bobrowski, R. (2014). *Utilização de índices ecológicos para análise do tratamento paisagístico arbóreo dos parques urbanos de Curitiba-pr.*
- Brockway, R., Bowers, D., Hogue, A., Dove, V., & Vassele, V. (2006). A note on salt intrusion in funnel-shaped estuaries: Application to the Incomati estuary, Mozambique. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66(1–2), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.07.014>
- Caetano, S. C. (2022). *Caracterização do fitoplâncton no estuário do rio Incomati, ao longo do gradiente salino.*
- Carmo Vaz, Á., & Van Der Zaag, P. (2003). *Sharing the Incomati waters: cooperation and competition in the balance; Technical documents in hydrology: PC-CP series; Vol.:14; 2003.*
- Da Silva, J. C., Viegas, D. R., De Souza, E. C., & Barbosa, I. C. da C. (2018). *Avaliação de Salinidade, Condutividade Eléctrica, Sólidos Totais Dissolvidos e Potencial de Oxidação/Redução das Águas Superficiais do Rio Maratauíra-Abaetetuba-Pa.*
- de Paula Amaral, L., Aparecida Ferreira, R., do Santos Lisboa, G., Jonas Longhi, S., & Farinha Watzlawick, L. (2013). *Variabilidade espacial do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener em Floresta Ombrófila Mista Spatial.*
- Dickens, C., Smakhtin, V., Biancalani, R., Villholth, K. G., Eriyagama, N., & Marinelli, M. (2022). Incorporação dos caudais ambientais no indicador 6.4.2 sobre “stress hídrico.” In *Incorporação dos caudais ambientais no indicador 6.4.2 sobre “stress hídrico.”* FAO. <https://doi.org/10.4060/ca3097pt>
- Direcção Nacional de Gestão Ambiental. (2005). *MINISTÉRIO PARA A COORDENAÇÃO DA ACÇÃO AMBIENTAL AVALIAÇÃO DA*

VULNERABILIDADE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E
ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO.

Environmental Flows. (n.d.).

FAO. (1991). *Water Resources Act 1991*.

Furtado, V. G. A., & Vieira, L. T. A. (2020). *Estudo comparativo do índice de Diversidade de Shannon-Wiener em cerra do SP*.

Giger, R. D. (1973). *Oregon Wildlife Commission AFS 62 STREAMFLOW REQUIREMENTS OF SALMONIDS*.

Glauco, G., De Kimura, K., & Freitas, F. (n.d.). *Methods and tools for defining Environmental Flows*.

Hairan, M. H., Jamil, N. R., Azmai, M. N. A., Looi, L. J., & Camara, M. (2021). Environmental flow assessment of a tropical river system using hydrological index methods. *Water (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/w13182477>

Hamerlynck, O. (2023). *Macaneta: Birds*.

Hamidifar, H., Akbari, F., & Rowiński, P. M. (2022). Assessment of Environmental Water Requirement Allocation in Anthropogenic Rivers with a Hydropower Dam Using Hydrologically Based Methods—Case Study. *Water (Switzerland)*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/w14060893>

Hao, C. F., He, L. M., Niu, C. W., & Jia, Y. W. (2016). A review of environmental flow assessment: Methodologies and application in the Qianhe River. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 39(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/39/1/012067>

Hoguane, A. M., & Antonio, M. H. P. (2016). *The Hydrodynamics of the Incomati Estuary – An Alternative Approach to Estimate the Minimum Environmental Flow* (pp. 289–300). https://doi.org/10.1007/978-3-319-25370-1_18

Hoguane, A. M., Taucale, F., Magaia, E., & Bydekerke, L. (2010). Environmental Profile Inkomati River Basin of the. *Ministry for the*

Coordination of Environmental Affairs of Mozambique (MICOA) and UNEP/Nairobi Convention Secretariat Copyright, 76.

Hoguane. A.M.; Taucale. F.; Magaia.E.; & Bydekerke. L. (2009). *Environmental Profile of the Inkomati River Basin.*

Jambane, E. V. (2018). *Metodologias de Determinação das Demandas Hídricas na Bacia do Rio Incomáti nos anos actuais e projecções futuras.*

John, G., Williams, P. B., Moyle, J. A., Webb, G., & Mathias, K. (2019). *Environmental Flow Assessment: Methods and Applications, First Edition.*

Kachapila, A. T. (2004). *UNESCO-IHE INSTITUTE FOR WATER EDUCATION Analysing stakeholder interests in the water resources of the Incomati river basin and adjacent coastal zone.*

Kelley, D. W. (1965). *Fish Bulletin 133. Ecological Studies of The Sacramento-San Joaquin Estuary Part 1: Zooplankton, Zoobenthos, and Fishes of San Pablo and Suisun Bays, Zooplankton and Zoobenthos of the Delta.*

Leestemaker, J. H., Tauacale, F. P. I., Boane, C., & Guale, R. (2000). *Revisão das Relevantes Literaturas Sobre a Saúde do Rio Incomati e seu Estuário UNESCO-Cátedra Homem e Meio Ambiente na África Austral Universidade Eduardo Mondlane.*

Longhi, E. H., & Formiga, K. T. M. (2011). *Metodologias para determinar vazão ecológica em rios.*

Lúcia Meira Marmelo, V., Presidente, J., António Patrício de Sousa Betâmio de Almeida Orientadora, D., Maria Manuela Portela Correia dos Santos Ramos Silva Vogais, D., & Maria Teresa Marques Ferreira da Cunha Cardoso, D. (2007). *Avaliação de caudais ecológicos em cursos de água do Centro e Norte de Portugal.*

Macia, A., Carvalho de Abreu, D., Albino Vetina, A., Matsombe, J., da Conceição, K., Verão, C., & Moksnes, P.-O. (2019). *Assessment of factors affecting juvenile penaeid shrimp distribution in nearshore*

nursery areas in Maputo Bay reveals substantial variation in habitat use.

- Macuiane, M. A. (2003). *Intrusão Salina no estuario de rio Incomati.*
- Maré. (2017). In <http://200.144.244.96/cda/aprendendo-basico/forcas-de-mares/extra/Introducao/mare.pdf>.
- Martins, J. P. F. F. de O. (2012). *Avaliação Ecohidrológica de Caudais Modificados e de Caudais Ecológicos em Troços de Rios Fortemente Modificados.*
- Mthobisi Innocent, S., & Thomas, G.-A. (2019). Pollution Status of Incomati River Estuary Based on Meiofauna Analyses (Free-living Nematodes) in Maputo, Mozambique. *Journal of Water Resources and Ocean Science*, 8(5), 63. <https://doi.org/10.11648/j.wros.20190805.12>
- Newitt, M. (1995). *A History of Mozambique.* https://www.persee.fr/doc/luso_1257-0273_2000_num_7_1_1410_t1_0669_0000_2
- Nicholls, R. J., & Cazenave, A. (2010). Sea-level rise and its impact on coastal zones. In *Science* (Vol. 328, Issue 5985, pp. 1517–1520). <https://doi.org/10.1126/science.1185782>
- Packard, R. (2001). “Malaria blocks development” revisited: The role of disease in the history of agricultural development in the Eastern and Northern Transvaal Lowveld, 1890-1960. *Journal of Southern African Studies*, 27(3), 591–612. <https://doi.org/10.1080/13632430120074608>
- Pereira, H., Sousa, M. C., Vieira, L. R., Morgado, F., & Dias, J. M. (2022). Modelling Salt Intrusion and Estuarine Plumes under Climate Change Scenarios in Two Transitional Ecosystems from the NW Atlantic Coast. In *Journal of Marine Science and Engineering* (Vol. 10, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/jmse10020262>
- Phionics. (n.d.). *Linear Conversion of Conductivity To Salinity - pHionics.* Retrieved October 17, 2023, from

<https://www.phionics.com/2020/12/03/linear-conversion-conductivity-to-salinity/>

Shirima, M. D. (2022). *Importância da Conservação das Bacias Hidrográficas na Preservação dos Serviços Ecossistêmicos no Delta do Rio Incomáti.*

TIA. (2002). *Tripartite Interim Agreement between the Republic of Mozambique and the Republic of South Africa and the Kingdom of Swaziland for Co-Operation on the Protection and Sustainable Utilisation of the Water Resources of the Incomati and Maputo Watercourses PREAMBLE.*

Tide Times and Tide Chart for Mozambique. (n.d.). Retrieved October 17, 2023, from <https://www.tide-forecast.com/locations/Mozambique-Mozambique/tides/latest>

UNEP. (n.d.). *What is Biodiversity?*

UNEP. (2020). *Guidelines for the Assessment of Environmental Flows in the Western Indian Ocean Region Western Indian Ocean Ecosystem Guidelines and Toolkits.*

Unesco. (1983). *Algorithms for computation of fundamental properties of seawater.*

van Eekelen, M. W., Bastiaanssen, W. G. M., Jarman, C., Jackson, B., Ferreira, F., van der Zaag, P., Saraiva Okello, A., Bosch, J., Dye, P., Bastidas-Obando, E., Dost, R. J. J., & Luxemburg, W. M. J. (2015). A novel approach to estimate direct and indirect water withdrawals from satellite measurements: A case study from the Incomati basin. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 200, 126–142. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.023>

Williams, J. G. (n.d.). *Central valley Salmon A Perspective on Chinook and Steelhead in the Central Valley of California* (Vol. 4, p. 2006).

8. Anexos

A. Dados da biologia do estuário de Rio Incomáti

A.1. Fitoplâncton

Tabela 3 - A.1. Espécies de fitoplâncton na época húmida maré alta (Caetano, 2022)

Local→	P2'	P1'	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Taxon↓										
Diatomaceas										
<i>Coscinodiscus oculus-irridis</i>	13	23	12	19	23	9	35	2	2	1
<i>Triceratium cf</i>	2	7	6	3	3	1	2	1	1	1
<i>Biddulphia sinensis</i>	10	36	32	41	10	0	4	0	0	0
<i>Coscinodiscus centralis</i>	10	7	9	18	27	5	11	3	7	8
<i>Pleurosigma cuspidatum</i>	0	0	0	0	0	16	5	4	0	0
<i>Coscinodiscus sol</i>	27	22	25	21	19	17	27	11	13	18
<i>Rhizosolenia bergonii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Donkinia sp</i>	5	3	7	1	2	2	3	1	0	7
<i>Rhizosolenia cochlea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	35	28	16	15	27	76	65	28	15	35
<i>Ditylum brightwelli</i>	2	9	8	14	12	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	50	13	14	10	11	20	21	24	65	92
<i>Bacteriastrum delicatum</i>	0	4	0	2	2	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	13	60	74	98	39	11	19	12	20	13
<i>Fragilaria sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Palmeria hardmaniana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Proboscia alata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lauderia annulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Grammatophora oceanica</i>	0	7	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Entomoneis sulcata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Navicula sp	6	1	0	2	0	0	1	0	9	1
Pleurosigma cf. Elongatum	7	4	5	4	1	0	0	0	0	0
Coscinodiscus marginatus	0	0	0	0	2475	7226	2575	9246	3062	1758
Trachyneis aspera	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0
Odontella aurita	0	3	3	3	1	1	0	0	0	0
Cyclotella meneghiniana	53	15	12	72	2312	6757	2319	5634	2781	1569
Gyrosigma spp	1	2	0	0	0	0	0	0	17	14
Lyrella clavata	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteromphalus flabellatus	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
Nitzschia spp	7	14	10	18	82	3	11	8	4	12
Rhopalodia gibba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melosira agardh	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bellerochea horologicalis	2	4	0	2	0	0	0	0	0	0
Bellerochea malleus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula spp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Diploeis litoralis	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Total	246	261	244	343	5046	14142	5102	14974	6002	3532

Tabela 4 - A.1. Espécies de fitoplâncton na época húmida maré baixa (Caetano, 2022)

Local→	P2'	P1'	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Taxon↓										
Coscinodiscus oculus-irridis	5	7		8	8	3	6	5	0	3
Triceratium cf	10	9		8	14	7	48	18	7	29
Biddulphia sinensis	0	0		1	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus centralis	15	11		10	25	10	131	32	18	39
Pleurosigma cuspidatum	2	1		7	2	16	12	22	22	0
Coscinodiscus sol	34	76		118	60	38	290	93	47	152
Rhizosolenia bergonii	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Donkinia sp	3	2		1	1	2	3	2	3	1
Rhizosolenia cochlea	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus radiatus	149	300		487	82	90	394	82	15	39
Ditylum brightwelli	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Thalassiosira eccentrica	88	75		148	123	126	438	220	108	203
Bacteriastrium delicatum	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Thalassionema nitzschioides	1	3		4	0	0	0	0	3	0
Fragilaria sp	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Proboscia alata	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Eucampia zodiacus	0	1		1	0	0	0	0	0	0
Mastogolia sp	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Bacteriastrium hyalinum	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Navicula sp	2	0		1	4	1	12	2	2	1
Mastogloia cf	0	0		0	0	0	0	1	0	0

Coscinodiscus marginatus	1166	253		1650	2136	1309	1925	1162	528	321
Trachyneis aspera	0	1		1	0	0	0	0	0	1
Odontella aurita	1	1		1	0	0	3	1	0	0
Cyclotella meneghiniana	1576	448		1456	5970	1257	2014	1257	615	302
Gyrosigma spp	0	0		0	0	0	0	3	3	27
Lyrella clavata	2	0		0	2	1	3	1	1	0
Nitzschia spp	7	6		5	1	8	4	13	7	16
Rhopalodia gibba	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Melosira agardh	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Bellerochea horologicalis	1	0		0	1	1	0	1	0	1
Bellerochea malleus	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Cyclotella stylorum	1	1		1	1	1	5	1	0	3
Surirella fastuosa	0	0		0	0	0	1	5	3	2
Total	3061	1197	0	3910	8431	2868	5291	2926	1383	1141

Tabela 5 - A.1. Espécies de fitoplâncton na época seca maré baixa (Caetano, 2022)

Local→	P2'	P1'	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Taxon↓										
<i>Coscinodiscus oculus-irridis</i>	13	14	4	22	73	163	79	9	12	1
<i>Actinoptychus octonarius</i>	0	24	0	2	4	0	0	0	0	0
<i>Triceratium cf</i>	2	6	2	5	1	2	1	1	0	0
<i>Biddulphia sinensis</i>	5	15	23	14	12	12	7	5	1	0
<i>Coscinodiscus centralis</i>	11	43	25	28	22	33	37	9	13	1
<i>Pleurosigma cuspidatum</i>	1	9	2	1	1	150	55	104	45	2
<i>Triceratium shadboltianum</i>	0	10	9	6	3	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus sol</i>	17	93	17	20	16	57	90	3	16	3
<i>Donkinia sp</i>	9	10	2	8	6	12	18	16	5	3
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	11	32	8	19	28	48	21	0	8	4
<i>Rhizosolenia shrubsolei</i>	3	0	0	1	4	0	2	0	1	0
<i>Ditylum brightwelli</i>	1	3	2	7	6	7	8	13	3	1
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	39	34	7	11	10	13	15	2	5	3
<i>Bacteriastrum delicatum</i>	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	6	14	25	18	27	56	92	52	17	9
<i>Proboscia alata</i>	2	6	7	6	6	3	3	0	1	0
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eucampia zodiacus</i>	0	0	0	1	4	3	1	1	0	0
<i>Bacillaria paxillifera</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Grammatophora marina</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Entomoneis sulcata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Mastogolia sp</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Navicula sp	0	70	8	1	2	0	3	0	0	0
Lyrella cf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma cf. elongatum	0	0	0	0	0	0	54	0	37	11
Achnanthes brevipes	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus marginatus	0	0	0	0	6	7	661	32	1067	1245
Trachyneis aspera	0	4	3	0	0	1	0	0	1	1
Odontella aurita	6	13	8	3	2	1	2	2	1	0
Cyclotella meneghiniana	70	0	0	0	17	58	28	237	2090	2220
Gyrosigma spp	0	0	0	3	2	2	76	45	10	7
Cymbella sp	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lauderia annulata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lyrella clavata	2	2	3	2	2	3	3	2	1	1
Asteromphalus flabellatus	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia spp	2	2	3	3	0	1	40	25	18	13
Bellerochea horologicalis	5	9	13	8	8	5	3	0	0	0
Bellerochea malleus	2	2	1	5	10	10	3	2	0	0
Cyclotella stylorum	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Mastogolia erythraea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Craticula cuspidata	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diploneis chersonensis	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Mastogloia Mac-Donaldii	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros compressus	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0
Cerataulina pelagica	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Navicula spp	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1
Diploneis smithii	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Synedra ulna	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Total	216	416	179	211	274	648	1302	557	3351	3527

Tabela 6 - A.1. Espécies de fitoplâncton na época seca maré alta (Caetano, 2022)

Local→	P2'	P1'	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Taxon↓										
<i>Coscinodiscus oculus-irridis</i>	90	61	53	115	59	10	8	2	7	1
<i>Actinoptychus octonarius</i>	155	47	45	41	16	0	0	0	0	0
<i>Triceratium cf</i>	4	2	0	2	1	0	0	0	1	0
<i>Biddulphia sinensis</i>	15	20	19	27	23	12	1	0	0	0
<i>Coscinodiscus centralis</i>	25	36	14	17	18	7	6	18	10	11
<i>Hemialus sinensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma cuspidatum</i>	68	34	9	67	616	362	114	83	0	4
<i>Triceratium shadboltianum</i>	11	17	7	13	8	3	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus sol</i>	28	58	45	27	29	19	11	11	27	20
<i>Rhizosolenia bergonii</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Donkinia sp</i>	8	19	4	7	25	13	15	11	12	10
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	82	151	109	38	69	33	28	161	130	28
<i>Odontella mobilensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia shrubsolei</i>	5	10	10	9	2	1	0	0	0	0
<i>Ditylum brightwelli</i>	10	15	9	12	44	13	8	3	0	0
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	1	41	12	9	12	11	12	23	10	12
<i>Bacteriastrum delicatum</i>	1	11	20	10	6	5	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	5	1	3	11	7	2	0	6	0	0
<i>Proboscia alata</i>	0	7	8	1	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	0	9	1	0	27	28	4	1	1	0

<i>Lyrella spectabilis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cerataulina bergonii</i>	0	3	9	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bacilaria paxilifera</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Grammatophora oceanica</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0
<i>Hemialus membranaceus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mastogolia</i> sp	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Diploneis interrupta</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Navicula lyra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Thalassiosira oestrupii</i>	0	0	0	0	0	0	88	641	1094	198
<i>Diploneis dilatata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	17	34	32
<i>Lyrella</i> cf	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
<i>Pleurosigma</i> cf. <i>elongatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	39	4
<i>Diploneis didyma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Mastogloia</i> cf	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Coscinodiscus granii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	277	631
<i>Trachyneis aspera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Odontella aurita</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	688
<i>Gyrosigma</i> spp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
<i>Cymbella</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Lauderia annulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Lyrella clavata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Achnanthes cf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphipleura pellucida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Surirella spp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Asteromphalus flabellatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia spp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Rhopalodia gibba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Melosira agardh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total	515	546	382	407	964	523	298	976	1656	1666

A.2. Zooplâncton

Tabela 7 - A.2. Espécies de zooplâncton na época seca na maré baixa

Pontos	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Taxon↓								
larva de Tricladida	0	0	0	0	0	0	0	0
calanoid copepods	23	11	19	3	6	1	7	6
Nauplius copepods	2	1	1	10	7	10	6	3
cyclopoida copepods	8	17	9	45	94	88	31	16
<i>Ceriodaphnia magna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
T ricladida	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nereid nectochaete</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tintinnopsis directa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotifera	0	0	2	5	5	7	2	0
larva mugiliformes	0	2	0	0	0	0	0	0
Hydromedusae	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>karatella quadrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
larvas de Bivalvia	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bosmina longirostris</i>	1	1	0	0	0	0	0	0
Anthomedusae	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>wikopleura sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>keratella cochlearis cochlearis</i>	5	1	0	0	0	0	0	0
harpacticoid copepods	1	1	1	0	1	1	1	0
polychaeta <i>Lopadorhynchus henseni</i>	1	3	0	0	0	0	0	1
larva cupuliformes	0	0	7	0	0	8	0	0
polychaeta(Adulto)	0	0	3	0	0	0	0	0

<i>Bythotrephes longimanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladocera	1	1	1	3	6	2	1	2
cerripedia nauplius	1	1	2	8	13	12	2	1
Mysida	1	1	0	0	0	0	1	1
chironomidae	0	0	0	0	0	0	5	4
<i>Alona sphagnophila</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Acantharea	0	0	0	0	0	0	0	0
Daphnia	0	0	0	0	0	0	0	1
chironomidae	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Undella dilatata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Total</i>	41	38	44	75	132	129	56	36

Tabela 8 - A.2. Espécies de zooplâncton na época seca maré alta

Pontos	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Taxon↓								
larva de Tricladida	1	0	0	0	0	0	0	0
calanoid copepods	33	24	23	36	5	4	1	0
Nauplius copepods	4	1	1	3	13	8	21	3
cyclopoida copepods	10	10	20	31	155	78	127	148
<i>Ceriodaphnia magna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
T ricladida	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nereid nectochaete</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tintinnopsis directa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotifera	0	0	0	2	9	1	2	6
larva mugiliformes	1	0	2	0	0	1	0	0
Hydromedusae	1	0	0	0	0	0	5	0
<i>karatella quadrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
larvas de Bivalvia	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bosmina longirostris</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
Anthomedusae	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>wikopleura sp</i>	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>keratella cochlearis cochlearis</i>	1	1	4	1	0	0	0	0
harpacticoid copepods	0	0	0	0	0	0	0	0
polychaeta <i>Lopadorhynchus henseni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
larva cupuliformes	0	0	0	0	0	0	0	0
polychaeta(Adulto)	0	1	1	1	0	0	0	3
<i>Bythotrephes longimanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

cladocera	0	0	0	0	0	0	0	0
cerripedia nauplius	0	1	2	2	12	5	7	0
Mysida	0	3	0	0	0	0	0	0
chironomidae	0	1	1	3	1	2	2	0
<i>Alona sphagnophila</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Acantharea	0	0	0	0	0	0	0	0
Daphnia	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	55	43	55	80	196	98	165	161

Tabela 9 - B.2. Espécies de zooplâncton na época húmida na maré alta

Pontos	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Taxon								
Larva de tricládida	0	0	0	0	0	0	0	0
calanoid copepods	1	2	1	1	0	0	2	3
Nauplius copepods	1	1	5	2	1	3	4	11
cyclopoida copepods	31	50	47	28	5	33	68	40
<i>Ceriodaphnia magna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricládida	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0	0	0	0	0
Nereid nectochaete	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotífero	1	0	0	0	0	1	0	2
harpacticoid copepods	0	1	0	0	0	0	0	0
Hydromedusae	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalve	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladocera	1	0	0	2	1	1	0	0
<i>Bosmina longirostris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

Tintinnopsi directa	0	0	0	0	0	0	0	0
Antharidae	0	0	0	0	0	0	0	0
keratella cochlearis cochlearis	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva de polyqueto	0	0	0	0	0	0	0	0
cerripeds nauplius	1	1	46	1	4	1	0	13
polychaeta lapadorhynchus	0	0	0	0	0	0	0	0
larva cupiliformes	0	0	0	0	0	0	0	0
polychaeta (adulto)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bythotrephes longimanus	0	0	0	0	0	0	0	0
Mysida	0	1	1	0	1	0	4	0
Total	36	55	101	34	12	39	79	69

Tabela - 10 B.2. Espécies de zooplâncton na época húmida na maré baixa

Pontos	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Taxon								
Larva de tricladida	0	0	0	0	0	0	0	0
calanoid copepods	6	2	0	0	1	2	0	1
Nauplius copepods	0	1	6	12	8	19	6	1
cyclopoida copepods	10	20	40	29	24	31	13	13
<i>Ceriodaphnia magna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricladida	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0	0	0	0	0
Nereid nectochaete	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotifero	0	0	0	0	0	0	0	0
harpacticoid copepods	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydromedusae	0	0	0	0	0	0	0	0
Bivalve	0	0	0	0	0	0	0	0
cladocera	1	1	2	3	1	2	1	0
<i>Bosmina longirostris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Tintinnopsi directa	0	0	0	0	0	0	0	0
Antharidae	0	0	0	0	0	0	0	0
keratella cochlearis cochlearis	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva de polyqueto	0	0	0	0	0	0	0	0
cerripeds nauplius	0	0	0	0	0	0	0	0
polychaeta lapadorhynchus	0	0	0	0	0	0	0	0
larva cupiliformes	0	0	0	0	0	0	0	0
polychaeta (adulto)	0	0	0	0	0	0	0	0

Bythotrephes longimanus	0	0	0	0	0	0	0	0
Mysida	0	0	1	2	0	0	1	0
Total	17	24	49	47	35	55	22	15

A.3. Macrofauna

Tabela 11 - A.3. Macrofauna na época seca

Época Seca							
Samora Machel		Hobjana		Incoluana		Muntanhana	
Família		Família		Família		Família	
<i>Mugil cephalus</i>	2	<i>pomadasys maculatus</i>	1	<i>Mugil cephalus</i>	5	<i>Plectorinchus gibbosus</i>	2
<i>Hypohthalmictys molitrix</i>	2	<i>Hypohthalmictys molitrix</i>	1	<i>Brycinus lateralis</i>	2	<i>Pomadasys kaakan</i>	1
<i>Caranx papuensis</i>	2	<i>Caranx papuensis</i>	2	<i>Hydrocinus vittatos</i>	14	<i>pomadasys maculatus</i>	3
<i>Oreochromis niloticus</i>	1	<i>Acanthopagrus berda</i>	14	<i>Oreochromis niloticus</i>	7	<i>Hilsa kelee</i>	3
<i>Albula vulpes</i>	1	<i>Mugil cephalus</i>	1	<i>Labeo congoro</i>	1	<i>Pellona ditchela</i>	1
No de espécie	5	<i>Clarias gariepinus</i>	1	<i>Schilbe intermedius</i>	1	<i>Plactycephalus indicus</i>	2
Total (capturado)	8	<i>Oreochromis niloticus</i>	58	<i>Clarias gariepinus</i>	1	<i>pagusa nasuta</i>	2
Total	21	<i>Silago sihama</i>	8	<i>Hypostomus plecostomus</i>	1	<i>Oreochromis niloticus</i>	3
No de espécie		8	<i>Glossogobius giuris</i>	3	<i>silago sihama</i>	2	
Total (capturado)		86	No de especie	9	<i>Epinephelus tauvina</i>	2	
Total		180	Total (capturado)	35	<i>Thryssa vitrirostris</i>	1	
				Total	79	<i>Anguilla bicolor bicolor</i>	1
						<i>Anguilla mossambica</i>	1
						<i>ophisurus serpens</i>	1
						<i>johnius dussumieri</i>	1
						No de especie	15
						Total (capturado)	26
						Total	67

Tabela 12 - A.3. Macrofauna na época húmida

Samora Machel		Hobjana		Incoluana		Muntanhana	
Familia	No	Familia	No	Familia	No	Familia	No
<i>Schilbe intermedius</i>	51	<i>Hilsa kelee</i>	100	<i>Ancathopagrus berda</i>	1	<i>Schilbe intermedius</i>	8
Carangidae	2	<i>Mugil Cephalus</i>	11	<i>Hydrocynus vittatus</i>	4	<i>Mugil cephalus</i>	1
<i>Caranx Papuensis</i>	2	<i>Tryssa vitrirostris</i>	3	<i>hypophalmichtys molitrix</i>	3	<i>Ambassis natalensis</i>	1
<i>Glossogobius giuris</i>	1	<i>Silago sihama</i>	7	<i>Labeo congoro</i>	1	<i>Oreochromis niloticus</i>	6
<i>Silago sihama</i>	1	<i>Schilbe intermedius</i>	33	<i>oreochromis niloticus</i>	6	<i>Leignathus equulus</i>	8
<i>Clarias ngamensis</i>	1	<i>Johnius dussumieri</i>	7	<i>oreochromis mossambicus</i>	1	No de especie	5
<i>Leignathus equulus</i>	7	<i>Albula Vulpes</i>	1	No de especie	6	Total (capturado)	24
Barbus sp	2	<i>Ambassis natalensis</i>	4	Total (capturado)	16	<i>Total</i>	53
<i>Ambassis natalensis</i>	2	<i>Terapon Jarbua</i>	1	<i>Total</i>	38		
<i>Oreochromis niloticus</i>	12	<i>Oreochromis niloticus</i>	4				
<i>Mugil Cephalus</i>	3	<i>Glossogobius giuris</i>	2				
<i>Johnius dussumieri</i>	3	No de especie	11				
<i>Anguilla bicolor</i>	1	Total (capturado)	173				
<i>Thryssa vitrirostris</i>	1	<i>Total</i>	357				
No de especie	14						
Total (capturado)	89						
<i>Total</i>	192						

A.4. Pássaros

Tabela 13 - A.4. Espécies de pássaros em duas épocas seca e húmida (Hamerlynck, 2023)

Vernacular	Species	Code
Black Goshawk	<i>Accipiter melanoleucos</i>	ACCMEL
Common Myna	<i>Acridotheres tristis</i>	ACRTRI
Great Reed Warbler	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	ACRARU
African Reed Warbler	<i>Acrocephalus baeticatus</i>	ACRBAE
Lesser Swamp Warbler	<i>Acrocephalus gracilirostris</i>	ACRGRA
Sedge Warbler	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	ACRSCH
Common Sandpiper	<i>Actitis hypoleucos</i>	ACTHYP
African Jacana	<i>Actophilornis africanus</i>	ACTAFR
Zebra Waxbill	<i>Amandava subflava</i>	AMASUB
Thick-billed Weaver	<i>Amblyospiza albifrons</i>	AMBALB
Red-billed Duck	<i>Anas erythrorhyncha</i>	ANAERY
Yellow-billed Duck	<i>Anas undulata</i>	ANAUND
African Openbill	<i>Anastomus lamelligerus</i>	ANALAM
African Darter	<i>Anhinga rufa</i>	ANHRUF
African Pipit	<i>Anthus cinnamomeus</i>	ANTCIN
Great Egret	<i>Ardea alba</i>	ARDALB
Gray Heron	<i>Ardea cinerea</i>	ARDCIN
Goliath Heron	<i>Ardea goliath</i>	ARDGOL
Intermediate Egret	<i>Ardea intermedia</i>	ARDINT
Black-headed Heron	<i>Ardea melanocephala</i>	ARDMEL
Purple Heron	<i>Ardea purpurea</i>	ARDPUR
Squacco	<i>Ardeola ralloides</i>	ARDRAL
Rufous-bellied Heron	<i>Ardeola rufiventris</i>	ARDRUF
Marsh Owl	<i>Asio capensis</i>	ASICAP
Hadada Ibis	<i>Bostrychia hagedash</i>	BOSHAG
Little Rush Warbler	<i>Bradypterus baboecala</i>	BRABAB
Cattle Egret	<i>Bubulcus ibis</i>	BUBIBI
Water Thickknee	<i>Burhinus vermiculatus</i>	BURVER
Striated Heron	<i>Butorides striata</i>	BUTSTR
Curlew Sandpiper	<i>Calidris ferruginea</i>	CALFER
Little Stint	<i>Calidris minuta</i>	CALMIN
Ruff	<i>Calidris pugnax</i>	CALPUG
Square-tailed Nightjar	<i>Caprimulgus fossii</i>	CAPFOS
Lesser Striped Swallow	<i>Cecropis abyssinica</i>	CECABY
Black Coucal	<i>Centropus grillii</i>	CENGRI
Burchell's Coucal	<i>Centropus superciliosus</i>	CENSUP
Pied Kingfisher	<i>Ceryle rudis</i>	CERRUD
Scarlet-chested Sunbird	<i>Chalcomitra senegalensis</i>	CHASEN
Common Ringed Plover	<i>Charadrius hiaticula</i>	CHAHIA
Kittlitz's Plover	<i>Charadrius pecuarius</i>	CHAPEC
Three-banded Plover	<i>Charadrius tricollaris</i>	CHATRI
Whiskered Tern	<i>Chlidonias hybrida</i>	CHLHYB
Gray-hooded Gull	<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	CHRCIR
Dideric Cuckoo	<i>Chrysococcyx caprius</i>	CHRCAP

Woolly-necked Stork	<i>Ciconia episcopus</i>	CICEPI
Violet-backed Starling	<i>Cinnyricinclus leucogaster</i>	CINLEU
White-bellied Sunbird	<i>Cinnyris talatala</i>	CINTAL
Black-chested Snake-Eagle	<i>Circaetus pectoralis</i>	CIRPEC
African Marsh Harrier	<i>Circus ranivorus</i>	CIRLAN
Rattling Cisticola	<i>Cisticola chiniana</i>	CISCHI
Pale-crowned Cisticola	<i>Cisticola cinnamomeus</i>	CISCIN
Rufous-winged Cisticola	<i>Cisticola galactotes</i>	CISGAL
Zitting Cisticola	<i>Cisticola juncidis</i>	CISJUN
Speckled Mousebird	<i>Colius striatus</i>	COLSTR
Lilac-breasted Roller	<i>Coracias caudatus</i>	CORCAU
Pied Crow	<i>Corvus albus</i>	CORALB
Malachite Kingfisher	<i>Corythornis cristatus</i>	CORCRI
Common Quail	<i>Coturnix coturnix</i>	COTCOT
Wattled Starling	<i>Creatophora cinerea</i>	CRECIN
Yellow-fronted Canary	<i>Crithagra mozambica</i>	CRIMOZ
Brimstone Canary	<i>Crithagra sulphurata</i>	CRISUL
Common Cuckoo	<i>Cuculus canorus</i>	CUCCAN
African Palm Swift	<i>Cypsiurus parvus</i>	CYPPAR
Fulvous Whistling Duck	<i>Dendrocygna bicolor</i>	DENBIC
White-faced Whistling Duck	<i>Dendrocygna viduata</i>	DENVID
Fork-tailed Drongo	<i>Dicrurus adsimilis</i>	DICADS
Black-backed Puffback	<i>Dryoscopus cubla</i>	DRYCUB
Black Heron	<i>Egretta ardesiaca</i>	EGRARD
Little Egret	<i>Egretta garzetta</i>	EGRGAR
Black-winged Kite	<i>Elanus caeruleus</i>	ELACAE
Common Waxbill	<i>Estrilda astrild</i>	ESTAST
Grey Waxbill	<i>Estrilda perreini</i>	ESTPER
Fantailed Widowbird	<i>Euplectes axillaris</i>	EUPAXI
Southern Red Bishop	<i>Euplectes orix</i>	EUPORI
Amur Falcon	<i>Falco amurensis</i>	FALAMU
Lanner Falcon	<i>Falco biarmicus</i>	FALBIA
African Snipe	<i>Gallinago nigripennis</i>	GALNIG
Common Moorhen	<i>Gallinula chloropus</i>	GALCHL
Collared Pratincole	<i>Glareola pratincola</i>	GLAPRA
Palm-nut Vulture	<i>Gypohierax angolensis</i>	GYPANG
Brown-hooded Kingfisher	<i>Halcyon albiventris</i>	HALALB
Striped Kingfisher	<i>Halcyon chelicuti</i>	HALCHE
African Fish Eagle	<i>Haliaeetus vocifer</i>	HALVOC
Black-winged Stilt	<i>Himantopus himantopus</i>	HIMHIM
Barn Swallow	<i>Hirundo rustica</i>	HIRRUS
Wire-tailed Swallow	<i>Hirundo smithii</i>	HIRSMI
Caspian Tern	<i>Hydroprogne caspia</i>	HYDCAS
African Yellow Warbler	<i>Iduna natalensis</i>	IDUNAT
Little Bittern	<i>Ixobrychus minutus</i>	IXOMIN
Dwarf Bittern	<i>Ixobrychus sturmii</i>	IXOSTU
Southern Fiscal	<i>Lanius collaris</i>	LANCOL
Black-bellied Bustard	<i>Lissotis melanogaster</i>	LISMEL
Bronze Mannikin	<i>Lonchura cucullata</i>	LONCUC

Magpie Mannikin	<i>Lonchura fringilloides</i>	LONFRI
Crowned Hornbill	<i>Lophoceros alboterminatus</i>	LOPALB
Black-collared Barbet	<i>Lybius torquatus</i>	LYBTOR
Rosy-throated Longclaw	<i>Macronyx ameliae</i>	MACAME
Yellow-throated Longclaw	<i>Macronyx croceus</i>	MACCRO
Southern Black Flycatcher	<i>Melaenornis pammelaina</i>	MELPAM
European Bee-eater	<i>Merops apiaster</i>	MERAPI
Blue-cheeked Bee-eater	<i>Merops persicus</i>	MERPER
Little Bee-eater	<i>Merops pusillus</i>	MERPUS
Long-tailed Cormorant	<i>Microcarbo africanus</i>	MICAFR
Lesser Jacana	<i>Microparra capensis</i>	MICCAP
Yellow-billed Kite	<i>Milvus migrans</i>	MILMIG
Cape Wagtail	<i>Motacilla capensis</i>	MOTCAP
Western Yellow Wagtail	<i>Motacilla flava</i>	MOTFLA
Spotted Flycatcher	<i>Muscicapa striata</i>	MUSSTR
Yellow-billed Stork	<i>Mycteria ibis</i>	MYCIBI
Banded Martin	<i>Neophedina cincta</i>	NEOCIN
Pygmy Goose	<i>Nettapus auritis</i>	NETAUR
Whimbrel	<i>Numenius phaeopus</i>	NUMPHA
Black-crowned Night Heron	<i>Nycticorax nycticorax</i>	NYCNYC
Black-headed Oriole	<i>Oriolus larvatus</i>	ORILAR
Crested Francolin	<i>Ortygornis sephaena</i>	ORTSEP
Lesser Moorhen	<i>Paragallinula angulata</i>	PARANG
House Sparrow	<i>Passer domesticus</i>	PASDOM
Great White Pelican	<i>Pelecanus onocrotalus</i>	PELONO
Pink-backed Pelican	<i>Pelecanus rufescens</i>	PELRUF
White-breasted Cormorant	<i>Phalacrocorax carbo</i>	PHACAR
Greater Flamingo	<i>Phoenicopterus roseus</i>	PHOROS
Willow Warbler	<i>Phylloscopus trochilus</i>	PHYTRO
African Spoonbill	<i>Platalea alba</i>	PLAALB
Spurwing Goose	<i>Plectropterus gambensis</i>	PLEGAM
Glossy Ibis	<i>Plegadis falcinellus</i>	PLEFAL
Village Weaver	<i>Ploceus cucullatus</i>	PLOCUC
Lesser Mask Weaver	<i>Ploceus intermedius</i>	PLOINT
Eastern Golden Weaver	<i>Ploceus subaureus</i>	PLOSUB
Southern Brown-throated Weaver	<i>Ploceus xanthopterus</i>	PLOXAN
Allen's Gallinule	<i>Porphyrio alleni</i>	PORALL
African Swamphen	<i>Porphyrio madagascariensis</i>	PORMAD
Tawny-flanked Prinia	<i>Prinia subflava</i>	PRISUB
Black Saw-wing	<i>Psalidoprocne pristoptera</i>	PSAPRI
Gray-rumped Swallow	<i>Pseudhirundo griseopyga</i>	PSEGRI
Red-necked Spurfowl	<i>Pternistis afer</i>	PTEAFE
Darkcapped Bulbul	<i>Pycnonotus tricolor</i>	PYCTRI
Red-billed Quelea	<i>Quelea quelea</i>	QUEQUE
Red-headed Quelea	<i>Quelea erythrops</i>	QUEERY
African Rail	<i>Rallus caerulescens</i>	RALCAE
Pied Avocet	<i>Recurvirostra avosetta</i>	RECAVO
Plain Martin	<i>Riparia paludicola</i>	RIPPAL
Sand Martin	<i>Riparia riparia</i>	RIPRIP

Greater Painted Snipe	<i>Rostratula benghalensis</i>	ROSBEN
Knob-billed Duck	<i>Sarkidiornis melanotos</i>	SARMEL
African Stonechat	<i>Saxicola torquatus</i>	SAXTOR
Shelley's Francolin	<i>Scleroptila shelleyi</i>	SCLSHE
Hamerkop	<i>Scopus umbretta</i>	SCOUMB
Blue-billed Teal	<i>Spatula hottentota</i>	SPAHOT
Laughing Dove	<i>Spilopelia senegalensis</i>	SPISEN
Common Tern	<i>Sterna hirundo</i>	STEHIR
Little Tern	<i>Sternula albifrons</i>	STEALB
Ring-necked dove	<i>Streptopelia capicola</i>	STRCAP
Red-eyed Dove	<i>Streptopelia semitorquata</i>	STRSEM
Black-crowned Tchagra	<i>Tchagra senegalus</i>	TCHSEN
White-backed Duck	<i>Thalassornis leuconotus</i>	THALEU
African Sacred Ibis	<i>Threskiornis aethiopicus</i>	THRAET
African Green Pigeon	<i>Treron calvus</i>	TRECAL
Wood Sandpiper	<i>Tringa glareola</i>	TRIGLA
Common Greenshank	<i>Tringa nebularia</i>	TRINEB
Marsh Sandpiper	<i>Tringa stagnatilis</i>	TRISTA
Kurrichane Thrush	<i>Turdus libonyana</i>	TURLIB
Kurrichane Buttonquail	<i>Turnix sylvaticus</i>	TURSYL
Emerald Spotted Wood Dove	<i>Turtur chalcospilos</i>	TURCHA
Barn Owl	<i>Tyto alba</i>	TYTALB
African Hoopoe	<i>Upupa epops</i>	UPUEPO
Blue Waxbill	<i>Uraeginthus angolensis</i>	URAANG
Red-faced Mousebird	<i>Urocolius indicus</i>	UROIND
Blacksmith Lapwing	<i>Vanellus armatus</i>	VANARM
Crowned Lapwing	<i>Vanellus coronatus</i>	VANCOR
Senegal Lapwing	<i>Vanellus lugubris</i>	VANLUG
Wattled Lapwing	<i>Vanellus senegallus</i>	VANSEN
Pin-tailed Whydah	<i>Vidua macroura</i>	VIDMAC
Black Crake	<i>Zapornia flavirostra</i>	ZAPFLA
Baillon's Crake	<i>Zapornia pusilla</i>	ZAPPUS

B. Dados de serviços ecossistêmicos e de renda do estuário de Rio Incomati

B.1. Serviços ecossistêmicos

ZONA		ZONA 01				ZONA02				
NOME		EDUARDO MONDLANE				SAMORA MACHEL				
PONTO		PT01	PT02	PT03	PT04					
LATITUDE		-25.6515718	-25.6614885	-25.6788125	-25.6814007					
LONGITUDE		32.6808865	32.6961856	32.6772498	32.6866237					
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	Provisão	água fresca	furos	furos	furos	furos				
		água (cultivo agrícola)	hortaliça	hortaliça	hortaliça, feijão	mandioca, batata doce				
		alimentação humana (peixe)	epoca fria e mudança de água	epoca fria e mudança de água	epoca fria e mudança de água	epoca fria e mudança de água				
		materiais de construção	caniço	caniço	caniço	caniço				
		combustível lenhoso	muita lenha	muita lenha	muita lenha	muita lenha				
	Cultural	recreação e ecoturismo	zona de nadar			paisagem bonita				
		proteção contra inundação								
	Regulação	controle de erosão	vegetação	vegetação		erosão a maior escala				
		fertilidade do solo	fértis	fértis	fértis	fértis				
	Suporte	função de berçário								
Biodiversidade		invertebrados	invertebrados	aves, invertebrados	aves, invertebrados					

ZONA		ZONA 04								
NOME		MATSINANE	MATSINANE	MATSINANE	MBUVA	MBUVA	MBUVA	MACANETA	MACANETA	MACANETA
PONTO		PT15	PT16	PT17	PT18	PT19	PT20	PT21	PT22	PT23
LATITUDE		-25.6794201	-25.6886087	-25.6914009	-25.7027739	-25.7168194	-25.7286236	-25.753797	-25.7604637	32.736506
LONGITUDE		32.7461074	32.7509909	32.747586	32.7418041	32.7411217	32.7335817	32.7295135	32.7296463	-25.771071
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	Provisão	água fresca	furos, duna	furos, duna	furos, duna	furos, duna	furos, duna	furos, duna	furos, duna	furos, duna
		água (cultivo agrícola)	hortaliça	hortaliça	hortaliça	hortaliça	hortaliça	hortaliça	água salobra	água salobra
		alimentação humana (peixe)							mistura de peixe (tilapia, peixe banana, sardinha, garopa)	mistura de peixe (tilapia, peixe banana, sardinha, garopa)
		materiais de construção	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço
		combustível lenhoso	árvores na duna	árvores na duna	árvores na duna	árvores na duna	árvores na duna	árvores na duna	árvores na duna	
	Cultural	recreação e ecoturismo							paisagem bonita	paisagem bonita
		proteção contra inundação							árvores	
	Regulação	controle de erosão	árvores, vegetação	árvores, vegetação	árvores, vegetação	árvores, vegetação	árvores, vegetação	árvores, vegetação	mangais a crescer	erosão a maior escala
		fertilidade do solo	fértis	fértis	fértis	fértis	fértis	fértis		
	Suporte	função de berçário							peixe	peixe
Biodiversidade								peixe	peixe	

ZONA		ZONA 05						ZONA 06		
NOME		GAZENE	MUNTANHANA	MUNTANHANA	MUNTANHANA	MARAGRA	INCOLUANE			
PONTO		PT24	PT25	PT26	PT27	PT28	PT29			
LATITUDE		-25.8452602	-25.8223303	-25.8030645	-25.774268	-25.472567	-25.068289			
LONGITUDE		32.6952223	32.6862281	32.6762168	32.685515	32.809769	32.920975			
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	Provisão	água fresca	furos	furos	furos	furos	furos	furos		
		água (cultivo agrícola)	água salgada	água salgada	água salgada	água salgada	milho, hortaliça	milho, hortaliça		
		alimentação humana (peixe)	peixe de água salgada (corvina, maghumba, pescadinho, pedra, garopa, camarão, caranguejo)	peixe de água salgada	mistura de peixe (peixe branco, garopa, sapateiro, maghumba, sardinha, xicoswana, linguada)	peixe de água salgada	peixe de água doce	peixe de água doce		
		materiais de construção			caniço	caniço	caniço	caniço		
		combustível lenhoso								
	Cultural	recreação e ecoturismo	paisagem bonita				paisagem	paisagem bonita		
		proteção contra inundação	mangal	mangal seco a recuperar	mangal	mangal		pedras		
	Regulação	controle de erosão	mangal		mangal	mangal	vegetação	pedras		
		fertilidade do solo					fértis	fértis		
	Suporte	função de berçário	peixe, camarão, caranguejo				peixe	peixe		
Biodiversidade		peixe salgado, camarão, caranguejo	peixe	peixe		peixe	peixe			

Figura 22 - B.1. Serviços ecossistêmicos na época seca (Shirima, 2022)

ZONA		ZONA 01		ZONA02		
NOME		EDUARDO MONDLANE		SAMORA MACHEL		
PONTO		PT01	PT02	PT03	PT04	
LATITUDE		-25.6515718	-25.6614885	-25.6788125	-25.6814007	
LONGITUDE		32.6808865	32.6961856	32.6772498	32.6866237	
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	Provisão	água fresca	furo	furo	furo	furo
		água (cultivo agrícola)	rio, chuva (hortaliça)	rio, chuva (hortaliça, mandioca, batata doce)	rio, chuva (hortaliça, feijão)	rio, chuva (mandioca, batata doce)
		alimentação humana (peixe)	peixe doce (tilapia, gato, branco)	peixe doce (tilapia, gato, branco)	peixe doce (tilapia, gato, branco)	peixe doce (tilapia, gato, branco)
		materiais de construção	caniço	caniço	caniço	caniço
		combustível lenhoso	muita lenha mas usam carvão vegetal	muita lenha mas usam carvão vegetal	muita lenha mas usam carvão vegetal	muita lenha mas usam carvão vegetal
	Cultural	recreação e ecoturismo	zona de nadar			paisagem bonita
		proteção contra inundação				
	Regulação	controle de erosão	vegetação	vegetação		erosão a maior escala
		fertilidade do solo	solos férteis	solos férteis	solos férteis	solos férteis
	Suporte	função de berçário				
Biodiversidade		invertebrates,peixe	peixe, invertebrates	aves, peixe, invertebrates	aves, peixe, invertebrates	

ZONA		ZONA 03											
NOME		HOBJANA											
PONTO		PT05	PT06	PT07	PT08	PT09	PT10	PT11	PT12	PT13	PT14		
LATITUDE		-25.733272	-25.7231603	-25.7216327	-25.731881	-25.7353922	-25.7353922	-25.7353986	-25.6880415	-25.6889106	-25.6889335		
LONGITUDE		32.6818038	32.6965204	32.6965204	32.7234918	32.7234918	32.7234918	32.7234974	32.717293	32.7193816	32.6838129		
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	Provisão	água fresca								furos	furos	furos	
		água (cultivo agrícola)									ananas	arroz, mandioca, batata doce	
		alimentação humana (peixe)	tilapia, gato, camarão	doce (tilapia, gato), camarão, caranguejo	doce (tilapia, gato), camarão, caranguejo	caranguejo	caranguejo	caranguejo	caranguejo	caranguejo	peixe doce	peixe doce (tilapia)	doce (tilapia, gato), camarão
		materiais de construção	caniço	caniço			caniço	caniço	caniço			caniço	
		combustível lenhoso	lenha								muita lenha	muita lenha	muita lenha
	Cultural	recreação e ecoturismo			passagem	aves	multos aves		multos aves	paisagem			
		proteção contra inundação	anvores e vegetação							anvores			
	Regulação	controle de erosão	anvores								anvores	anvores	vegetação
		fertilidade do solo									solos férteis	solos férteis	
	Suporte	função de berçário	peixe, invertebrates	peixe (tilapia, gato), camarão, invertebrates	peixe, camarão							peixe	
Biodiversidade		peixe, invertebrates	peixe, invertebrates	peixe, invertebrates	invertebrates	aves	invertebrates	aves	peixe		peixe, invertebrates		

ZONA		ZONA 04									
NOME		MATSINANE	MATSINANE	MATSINANE	MBUVA	MBUVA	MACANETA	MACANETA	MACANETA	MACANETA	
PONTO		PT15	PT16	PT17	PT18	PT19	PT20	PT21	PT22	PT23	
LATITUDE		-25.6794201	-25.6866087	-25.6914009	-25.7027739	-25.7166194	-25.7286236	-25.753797	-25.7604637	32.736506	
LONGITUDE		32.7461074	32.7509909	32.747586	32.7418041	32.7411217	32.7335817	32.7295135	32.7296463	-25.771071	
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	Provisão	água fresca	furos	furos	furos	furos	furos	furos	furos	furos	furos
		água (cultivo agrícola)	chuva (arroz na zona banya)	chuva (arroz na zona banya)	chuva (arroz na zona banya)	chuva (arroz na zona banya)	chuva (arroz na zona banya)	chuva (arroz na zona banya)	água salobra	água salobra	água salobra
		alimentação humana (peixe)	peixe doce (tilapia)	peixe doce (tilapia)	peixe doce (tilapia)	peixe doce (tilapia)	peixe doce (tilapia)	peixe doce (tilapia)	peixe (mistura)	peixe (mistura)	peixe (mistura)
		materiais de construção	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço	caniço
		combustível lenhoso	anvores na duna	anvores na duna	anvores na duna	anvores na duna	anvores na duna	anvores na duna			
	Cultural	recreação e ecoturismo							paisagem bonita	paisagem bonita	paisagem bonita
		proteção contra inundação								anvores	
	Regulação	controle de erosão	anvores, vegetação	anvores, vegetação	anvores, vegetação	anvores, vegetação	anvores, vegetação	anvores, vegetação	mangais a crescer	presença das anvores	erosão a maior escala
		fertilidade do solo	solos férteis	solos férteis	solos férteis	solos férteis	solos férteis	solos férteis			
	Suporte	função de berçário									
Biodiversidade		peixe doce (tilapia)	peixe doce (tilapia)	peixe doce (tilapia)	peixe doce (tilapia)	peixe doce (tilapia)	peixe doce (tilapia)				

ZONA		ZONA 05				ZONA 06		
NOME		GAZENE	MUNTANHANA	MUNTANHANA	MUNTANHANA	MARAGRA	INCOLUANE	
PONTO		PT24	PT25	PT26	PT27	PT28	PT29	
LATITUDE		-25.8452602	-25.8223303	-25.8030645	-25.7832952	-25.472567	-25.086289	
LONGITUDE		32.6952223	32.6862281	32.6762168	32.685279	32.809769	32.920975	
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	Provisão	água fresca	furos	furos	furos	furos	furos	furos
		água (cultivo agrícola)	água salgada	água salgada	água salgada	água salobra	milho, hortaliça	milho, hortaliça
		alimentação humana (peixe)	peixe salgado (corovina maghumba, pescadinho, pedra), camarão, caranguejo	mistura (tilapia, gato), camarão	mistura (tilapia, gato), camarão	mistura (tilapia, gato), camarão	peixe doce (tilapia, gato)	peixe doce (tilapia, gato)
		materiais de construção			caniço	caniço	caniço	caniço
		combustível lenhoso						
	Cultural	recreação e ecoturismo	paisagem bonita					paisagem bonita
		proteção contra inundação	mangal	mangal seco	mangal	mangal		pedras
	Regulação	controle de erosão	mangal	mangal	mangal	mangal	vegetação	pedras
		fertilidade do solo					solos férteis	solos férteis
	Suporte	função de berçário	peixe, camarão, caranguejo				peixe doce (tilapia, gato)	peixe doce (tilapia, gato)
Biodiversidade		peixe, camarão, caranguejo	peixe (mistura), camarão, caranguejo	peixe (mistura), camarão, caranguejo	peixe (mistura), camarão, caranguejo	peixe	peixe	

Figura 23 - B.1. Serviços ecossistêmicos na época húmida (Shirima, 2022)

B.2 Serviços de renda

Tabela 14- B.2 serviços de Renda

Actividades	Zonas					
	Eduardo Mondlane	Samora Machel	Hobjana	Mbuva	Macaneta	Muntanhana
Agricultura	26	10	14	26	12	0
Pesca	17	5	3	0	4	7
Gado	2	0	6	14	1	0
Corte e venda de canaiço	0	0	1	0	5	0
Comércio de peixe	0	0	0	0	0	8
Emprego formal	1	0	0	0	0	0
Colecta de camarão	0	0	0	0	13	0

B.3. Guião de entrevista



GUIA DE
ENTREVISTA SEMI-D

C. Dados da hidrologia do estuário do Rio Incomáti

C.1 Usuários industriais da Bacia do Rio Incomáti

Tabela 15 – C.1. Necessidades diárias (ARA-SUL- DGBI, 2015)

<i>Incomati Basin - water requirements daily (m3/s)</i>				
Month	Q Xinavane	Q Maragra	Q Other Users	Q Water Req.
Apr	6.2	1.45	0.5	8.15
May	5.36	1.32	0.5	7.18
Jun	5.42	1.2	0.5	7.12
Jul	5.05	1.28	0.5	6.83
Aug	6.24	0.86	0.5	7.6
Sep	7.12	0.93	0.5	8.55
Oct	7.89	1.06	0.5	9.45
Nov	9.17	1.29	0.5	10.96
Dec	9.27	1.08	0.5	10.85
Jan	8.3	1.13	0.5	9.93
Feb	9.59	0.01	0.5	10.1
Mar	10.16	0	0.5	10.66
Annual	89.77	11.61	6	107.38



Usuarios da Bacia do
Rio Incomati.xlsx

C.2. Níveis hidrométricos



Níveis de Ressano e
Magude.xlsx

D. Qualidade da água

D.1. Medições nas terras húmidas

Tabela 16 – D.1. Conductividade eléctrica na época húmida (Shirima, 2022)

PT	COORDENADA		DATA (d/m/a)	TEMPO (h:m:s)	CE (1) (μ S/cm)	CE (2) (μ S/cm)	CE (3) (μ S/cm)	CE (μ S/cm)
	LONG	LAT						
PT01	32.6808865	- 25.6515718	06/04/2021	14:18:12	456	470	467	464
PT02	32.6961856	- 25.6614885	06/04/2021	15:21:27	936	960	958	951
PT03	32.6772498	- 25.6788125	08/04/2021	15:37:48	945	816	689	817
PT04	32.6866237	- 25.6814007	08/04/2021	16:25:18	488	491	493	491
PT05	32.6816038	- 25.7231603	13/04/2021	08:15:02	586	587	586	586
PT06	32.6995204	- 25.7231603	13/04/2021	09:03:51	575	580	575	577
PT07	32.6995204	- 25.7216327	13/04/2021	09:18:30	560	561	561	561
PT08	32.7234918	- 25.7318910	15/04/2021	15:20:32	7270	7030	7140	7147
PT09	32.7234918	- 25.7353922	15/04/2021	08:26:25	6810	8000	6990	7267
PT10	32.7234918	- 25.7353922	15/04/2021	08:26:25	5040	5000	5040	5027
PT11	32.7234874	- 25.7353886	13/04/2021	10:26:06	5003	5021	5740	5255
PT12	32.7172930	- 25.6883415	13/04/2021	11:45:11	641	667	662	657
PT13	32.7193818	- 25.6889306	13/04/2021	12:00:25	1773	1797	1800	1790

PT14	32.6838129	- 25.6988350	13/04/2021	13:07:04	859	931	1024	938
PT15	32.7461074	- 25.6794201	13/04/2021	14:06:35	300	332	331	321
PT16	32.7509909	- 25.6866087	15/04/2021	12:43:06	495	494	512	500
PT17	32.7475860	- 25.6914009	15/04/2021	13:06:21	501	542	495	513
PT18	32.7418041	- 25.7027739	15/04/2021	13:31:33	612	605	621	613
PT19	32.7411217	- 25.7166194	15/04/2021	13:47:48	551	564	531	549
PT20	32.7335817	- 25.7286236	15/04/2021	14:08:06	697	816	840	784
PT21	32.7295135	- 25.7537970	15/04/2021	08:56:31	1229	1236	1239	1235
PT22	32.7296463	- 25.7604637	15/04/2021	09:05:20	1176	1154	1184	1.171
PT23	32.7365060	- 25.7710710	15/04/2021	09:34:01	2720	2630	2610	2653
PT24	32.6952223	- 25.8452602	20/04/2021	10:08:00	21170	18970	19610	19917
PT25	32.6862281	- 25.8223303	20/04/2021	11:44:24	10640	10630	10670	10.647
PT26	32.6762168	- 25.8030645	20/04/2021	12:41:06	10980	10980	10990	10.983
PT27	32.6852790	- 25.7832952	20/04/2021	14:30:00	1439	1334	1483	1.419
PT28	32.8097500	- 25.4725670	27/04/2021	12:18:00	560	560	560	560
PT29	32.9209750	- 25.0682890	27/04/2021	14:50:00	580	580	580	580

Tabela 17 - D.1. Condutividade eléctrica na época seca (Shirima, 2022)

PT	COORDENADA		T (d/m/a)	Tempo (h:m:s)	CE (1) (μ S/cm)	CE (2) (μ S/cm)	CE (3) (μ S/cm)	CE (μ S/cm)
	LONG	LAT						
PT01	32.6808865	- 25.6515718	20/10/2021	07:13:00	1365	1360	1363	1363
PT02	32.6961856	- 25.6614885	20/10/2021	07:01:00	348	338	402	363
PT03	32.6772498	- 25.6788125	20/10/2021	08:30:00	3720	3750	3690	3720
PT04	32.6866237	- 25.6814007	20/10/2021	07:51:00	911	991	932	945
PT05	32.6816038	- 25.7332720	21/10/2021	06:13:00	19500	19770	20300	19857
PT06	32.6995204	- 25.7231603	21/10/2021	07:10:00	16760	17130	16720	16870
PT07	32.6995204	- 25.7216327	21/10/2021	06:55:00	13410	15130	15200	14580
PT08	32.7035220	- 25.7318680	22/10/2021	07:46:00	27200	27300	27400	27300
PT09	32.7157630	- 25.7309650	22/10/2021	08:05:00	43900	44200	43800	43967
PT10	32.7204130	- 25.7322240	22/10/2021	08:14:00	22200	22200	21760	22053
PT11	32.7261910	- 25.7376510	22/10/2021	08:26:00	23000	23000	23100	22967
PT12	32.7172930	- 25.6883415	21/10/2021	08:52:00	2320	2300	2310	2310
PT13	32.7193818	- 25.6889306	21/10/2021	08:35:00	990	998	977	988
PT14	32.6838129	- 25.6988350	21/10/2021	09:00:00	1800	1850	1870	1840

PT15	32.7461074	- 25.6794201	21/10/2021	09:31:00	590	600	570	587
PT16	32.7509909	- 25.6866087	21/10/2021	09:43:00	530	541	520	530
PT17	32.7475860	- 25.6914009	21/10/2021	10:12:00	520	531	517	523
PT18	32.7418041	- 25.7027739	21/10/2021	10:36:00	613	611	615	613
PT19	32.7411217	- 25.7166194	21/10/2021	10:52:00	480	520	512	504
PT20	32.7335817	- 25.7286236	21/10/2021	11:10:00	785	894	791	790
PT21	32.7295135	- 25.7537970	22/10/2021	08:40:00	23700	23800	23900	23800
PT22	32.7296463	- 25.7604637	22/10/2021	08:49:00	38300	38200	38200	38233
PT23	32.7365060	- 25.7710710	22/10/2021	09:11:00	39700	40200	39800	39900
PT24	32.6952223	- 25.8452602	22/10/2021	06:38:00	52800	53000	52400	52733
PT25	32.6862281	- 25.8223303	22/10/2021	07:10:00	46800	46900	47100	46933
PT26	32.6762168	- 25.8030645	22/10/2021	07:52:00	41400	41400	41300	41367
PT27	32.6855150	- 25.7742680	22/10/2021	08:50:00	36300	36200	36300	36267
PT28	32.8097500	- 25.4725670	19/10/2021	09:55:00	840	834	820	831
PT29	32.9209750	- 25.0682890	19/10/2021	10:26:00	635	633	626	631

D.2. Medições ao longo do rio

Tabela 18 – D.2. Conductividade eléctrica ao longo do rio na época húmida (Shirima, 2022)

PR	COORDENADA		DATA d/m/a	HOR A H:m	CE (1) (mS/c m)	CE (2) (mS/c m)	CE (3) (mS/c m)	CE (mS/c m)
	LONG	LAT						
PR02'	32.704301	- 25.8428732	27/05/2021	04:23	38.90	38.80	37.70	38.47
PR01'	32.708110	- 25.8720696	27/05/2021	05:10	40.70	40.40	40.30	40.47
PR01	32.731160	- 25.8666800	27/05/2021	05:30	39.40	41.80	41.05	40.90
PR02	32.729560	- 25.8393583	27/05/2021	06:50	41.60	41.80	41.70	41.70
PR03	32.726450	- 25.8128458	27/05/2021	06:18	40.10	38.70	37.70	38.83
PR04	32.726750	- 25.7874910	27/05/2021	07:07	38.00	35.30	35.60	36.30
PR05	32.724750	- 25.7608161	27/05/2021	07:33	28.60	28.60	27.30	28.17
PR06	32.703350	- 25.7473881	27/05/2021	07:58	18.51	18.51	16.77	17.93
PR07	32.678610	- 25.7399129	27/05/2021	08:18	11.23	10.84	10.76	10.94
PR08	32.696670	- 25.7244582	27/05/2021	08:42	6.76	6.47	6.12	6.45
PR09	32.679680	- 25.7107635	27/05/2021	09:02	2.67	2.32	2.26	2.42
PR10	32.686050	- 25.6822412	27/05/2021	09:23	1.013	1.005	1.006	1.01

Tabela 19 – D.2. Salinidade ao longo do rio na época húmida (Shirima, 2022)


PR	COORDENADA		DATA d/m/a	HOR A H:m	S (1) (mg/l)	S (2) (mg/l)	S (3) (mg/l)	S (mg/l)
	LONG	LAT						
PR02'	32.704301	- 25.8428732	27/05/2021	04:23	32.00	34.00	31.00	32.33
PR01'	32.708110	- 25.8720696	27/05/2021	05:10	35.00	34.00	35.00	34.67
PR01	32.731160	- 25.8666800	27/05/2021	05:30	35.00	36.00	35.00	35.33
PR02	32.729560	- 25.8393583	27/05/2021	06:50	35.00	36.00	36.00	35.67
PR03	32.726450	- 25.8128458	27/05/2021	06:18	33.00	33.00	31.00	32.33
PR04	32.726750	- 25.7874910	27/05/2021	07:07	33.00	29.00	29.00	30.33
PR05	32.724750	- 25.7608161	27/05/2021	07:33	24.00	23.00	21.00	22.67
PR06	32.703350	- 25.7473881	27/05/2021	07:58	12.00	12.00	7.00	10.33
PR07	32.678610	- 25.7399129	27/05/2021	08:18	6.00	6.00	7.00	6.33
PR08	32.696670	- 25.7244582	27/05/2021	08:42	5.00	3.00	5.00	4.33
PR09	32.679680	- 25.7107635	27/05/2021	09:02	1.00	1.00	1.00	1.00
PR10	32.686050	- 25.6822412	27/05/2021	09:23	0	0	0	0

Tabela 20 – D.2. Condutividade eléctrica ao longo do rio na época seca (Shirima, 2022)

PR	COORDENADA		DATA d/m/a	HOR A H:m	CE (1) (mS/c m)	CE (2) (mS/c m)	CE (3) (mS/c m)	CE (mS/c m)
	LONG	LAT						
PR0 2'	32.704301	- 25.8428732	22/09/2021	04:50	49.50	49.40	49.20	49.37
PR0 1'	32.708110	- 25.8720696	22/09/2021	05:37	50.50	50.30	50.20	50.33
PR0 1	32.731160	- 25.8666800	22/09/2021	06:30	51.60	51.40	51.60	51.53
PR0 2	32.729560	- 25.8393583	22/09/2021	06:54	48.80	48.40	48.10	48.43
PR0 3	32.726450	- 25.8128458	22/09/2021	07:16	47.40	46.20	45.00	46.20
PR0 4	32.726750	- 25.7874910	22/09/2021	07:51	39.20	39.20	35.50	37.97
PR0 5	32.724750	- 25.7608161	22/09/2021	08:17	30.50	30.20	28.00	29.57
PR0 6	32.703350	- 25.7473881	22/09/2021	08:43	22.90	23.00	22.60	22.83
PR0 7	32.678610	- 25.7399129	22/09/2021	09:10	14.85	16.33	14.85	15.34
PR0 8	32.696670	- 25.7244582	22/09/2021	09:30	9.11	9.00	8.77	8.96
PR0 9	32.679680	- 25.7107635	22/09/2021	09:58	3.87	3.94	3.62	3.81
PR1 0	32.686050	- 25.6822412	22/09/2021	10:50	1.40	1.07	1.16	1.21

E. Workshop

E.1. lista de presenças



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
Faculdade de Engenharia

Environmental Flows for enhanced Biodiversity and Poverty alleviation in the Incomati delta, Mozambique (EFlows-Moz)
Data: 29.09.2023 | Hora: 08h30min | Local: Complexo Pedagógico

Estimativa do Caudal Ambiental para o Estuário do Rio Incomati

List of Participants

#	Name	Institution	E mail	Phone number
1	Alfredo Covele	UEM	acovele@gmail.com	846371113
2	Dr. Carlos Afonso	UEM	carlos.alfonso@gmail.com	87207171
3	Fernando Armando Mucari	UEM	fernando.mucari@gmail.com	862249737
4	Sérgio João Baptista Mucari	UEM	sergio.jbmucari@gmail.com	84245222
5	Luís José Mafoga	UEM	luis.josmafoga@gmail.com	847386534
6	Ambrósio João Elias Nguenha	UEM	ambrósio.jnanguenha@gmail.com	84526727
7	Luís José Mafoga	UEM	luis.josmafoga@gmail.com	847386534
8	Adriano Macia	UEM	adriano.macia@gmail.com	84526727
9	Luís José Mafoga	UEM	luis.josmafoga@gmail.com	847386534
10	Zubaida da Conceição Esperança	UEM	zubaidaesperanca@hotmail.com	842313760
11	Vanessa Dulcinea Gonçalves	UEM	vanessa.dulcinea@gmail.com	842874114
12	João Manuel M. Tichama	UEM	joao.m.tichama@gmail.com	845697636
13	Luís José Mafoga	UEM	luis.josmafoga@gmail.com	847386534
14	OSCAR SIBIA	UEM	oscar.sibia@gmail.com	845728069
15	ROXAN CADIR	UEM	roxan.cadir@gmail.com	84772516
16	Juliana Stolp Sérgio Mafoga	UEM	juliana.stolp@gmail.com	878019291
17	André Luís Mafoga	UEM	andre.luis.mafoga@gmail.com	850225901
18	Nondio Paluana	UEM	nondio.paluana@gmail.com	84522443

19	Torres Armando Taimo	UEM	torresarmando26@gmail.com	860630035
20	António José Almeida	EDP-ARRABICE	antoniocalmeida@gmail.com	850511452
21	Paulina Hermínia Ambrósio	EDP-ARRABICE	paolina.ambrósio@gmail.com	865131766
22	Paula Silva	ACA-Sul	psilva@alvoa.co.za	84300278
23	Vilma Machava Antónia	UEM	vilma.machava@gmail.com	846013332
24	Dominic Jaco	UEM	dominic.jaco@gmail.com	84446662
25	Práxia Mafoga	UEM	praxia.mafoga@gmail.com	84663716
26	Michaquel Rodolfo Dowe	UEM	dosseniachaque@gmail.com	842870615
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				

E.2. Fotografias do workshop



F. Época chuvosa



