



Escola Superior de Ciências Marinhas e costeira

Monografia para Obtenção do Grau Licenciatura em Oceanografia



Avaliação das Condições Hidrológicas de Maré para a Restauração do Mangal - Caso do Campo de restauro de mangal C do Bairro de Icidua, Cidade de Quelimane

Autor

Sebastião António Mariquele

Quelimane, Novembro 2018



Escola Superior de Ciências Marinhas e costeira

Monografia para Obtenção do Grau Licenciatura em Oceanografia

Avaliação das Condições Hidrológicas de Maré para a Restauração do Mangal - Caso do Campo de restauro de mangal C do Bairro de Icidua, Cidade de Quelimane

Autor:

Sebastião António Mariquele

Supervisor:

Noca Furaca (*MSc*)

Quelimane, Novembro 2017

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha mãe Angelina Sebastião Chaluco Mariquele e irmã Cacilda António Mariquele, que Deus a tenha, pelas palavras encorajadoras que direccionaram-me no momento que soube da admissão na instituição até data hoje.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela força, coragem e saúde que me concedeu durante todos esses anos que foram repletos de muitas lutas, altos e baixos mas graças a ele superei cada obstáculo e momento difícil que vivi nesse longo percurso. Em seguida agradeço a minha família, especialmente a minha mãe Angelina Chaluco Mariquele.

Ao corpo dos Docentes da Escola Superior de Ciências Marinha e Costeiras pela dedicação incansável para transmitir os conhecimentos científicos e em especial ao *MSc* Noca Bernardo Furaca da Silva pelos ensinamentos, orientações e apoio no desenvolvimento do trabalho o meu muito obrigado.

Digo muito obrigado aos meus irmãos, Elisa Mariquele Munguambe, Manuel Mariquele, Artimiza Mariquele, Hilário Mariquele, Ernesto Mariquele, Adolira Mariquele e Antonieta Mariquele, pela força e confiança que eles depositaram em mim para que eu possa progredir nos estudos, Aos meus cunhados e sobrinho Mário Munguambe, Hortência Magaia Mariquele, Nina, Hermelinda, Tânia Constancia, Angélica Artimiza, Eulásia Manuel, Maura Naldo, Edna Adélia, Edvânia Machava, Ângela Manuel, Tadna Laysa, Chamila da Tonia, Djeyse Manuel, Delton Hilário, Bruno Hilário Shelton, Messias, Ayume da Texa, Edge Emersan, Abner, Ahssan valgi, aos meus amigos Alberto Mavele, Nelson Ricardo, Kaymo de Lurdes, Gefre da Vera, Alberto Nhambo, Frederico Mbembe, Gabriel Banze, Eduardo, Rute, Raquel, Maria, Quinha, Flávia, Gercia, Belarmina, Albertina Sheila entre outros o meu muito obrigado por acreditarem em mim. Me faltam palavras para vos agradecer pela confiança que depositaram em mim nos momentos que mais precisei de alguém. José Xieo, José Nhacudima, Fernando da Sandra, Ernesto Tembe, Cecilio Matsumane, Passarinho (Edson Muianga), Rocina Muhate, Ermenegildo Tomais, Joaquim Venâncio, Flavio Jeje, Mário de Sousa, Justino Chipanga Massicame, Niquece, Paulosse, Wilson, Nicolau, Rosário, Helder, Altafo, Gabriel, Uwanheta, Elda, Felexi, Samuel, Óscar, Nésia, Pombax, bleckao, Hitten, Lopeta, a todos colegas do curso de Oceanografia, Química, Biologia e Geologia meu muito obrigado pela companhia nessa longa caminhada. A todos vocês que directamente assim como indirectamente me apoiaram meu muito obrigado.

‘Kanimambo’

Declaração de Hora

Declaro por minha hora que este trabalho intitulado Avaliação das Condições Hidrológicas de Maré para a Restauração do Mangal - Caso do Campo de restauro C do Bairro de Icidua, Cidade de Quelimane, é o resultado do meu estudo e nunca foi submetido em nenhuma instituição ou organização para obtenção d eum grau académico.

Autor

(Sebastião António Mariquele)

Resumo

As actividades de restauro de sucesso em algumas regiões envolvem várias vertentes de avaliação, uma delas são as condições hidrológicas. No Bairro de Ícidua estão a decorrer actividade de restauro de mangal no âmbito do Porojecto de Adaptação das Cidades Costeiras (CCAP). A primeira região restaurada não teve sucesso, aliado ao insucesso estão os pré estudos da avaliação das condições de restauro com sucesso (hidrlógia, qualidade do solo). Para não se cometer o mesmo erro no campo de restauro C houve a necessidade de avaliar as condições hidrológicas. Para o estudo foi monitorado o tempo de inundação na região durante 7 dias consecutivos, para além disso foram processados os dados de maré de um ano da regio em estudo. A partir dos dados de registo do tempo de inundação foi possível calcular o tempo de inundação por dia e durante o mês e comparadas com a classificação de Watson (1928). Resultados encontrados indicam que durante o mês a região fica inundada 13 vezes, com inundações que duram em média 152.1 minutos, num total de 304.2 min/dia. De acordo com a classificação de Waston esta região é da classe 4 e recomenda-se para o restauro de espécies como *Rhizophoras spp*, *Brugueira spp*, *Xylocarpus granatum* e *Lumnitzera racemosa* e, de acordo com classificação de Loon *et al*, (2016) esta regio é da classe 2 e 3 e recomenda-se para o restauro de especies como *Avicennia spp*, *Rhizophora spp*, *Brugueira spp*, *Ceriops spp*, *Brugueira spp*.

Palavra-chave: inundação, maré, restauro.

Abstract

Successful restoration activities in various regions involve several evaluation strands, these being their hydrological conditions. In the neighborhood of Ícidua there is a management restoration activity under the Coastal Cities Adaptation Project (CCAP). The first restored region was unsuccessful, coupled with failure to successfully study conditions for restoration (hydrology, soil quality). It is not making the same mistake in the field of restoration. For the study, the flood time in the region was monitored during 7 consecutive days, to follow the data obtained in the one year period. From the flood time recording data it was possible to calculate the flood time per day and during the month and compared with a Watson (1928) classification. Results of the survey during the month were flooded 13 times, with floods that last in average 152.1 minutes, a total of 304.2 min / day. According to the classification of Waston this region is of class 4 and it is recommended for the restoration of species like *Rhizophoras spp*, *Brugueira spp*, *Xylocarpus granatum* and *Lumnitzera racemosa* and, according to the classification of Loon et al, (2016) this region It is of class 2 and 3 and it is recommended for the restoration of species such as *Avicennia spp.*, *Rhizophora spp.*, *Brugueira spp*, *Ceriops spp.*, *Brugueira spp*.

Keyword: flood, tide, restoration.

Lista de figuras:

Figura 1. Ilustração da área de ocorrência de mangal a nível mundial/ fonte: Adaptado de Giri <i>et al.</i> (2011).....	4
Figura 2. Zoneamento do mangal/ fonte: Aula de ecologia	6
Figura 3. Sistema radicular de <i>Xilocarpus</i> spp/ Fonte: (Semesi & Howell, 1985).....	7
Figura 4. Ilustração de um propágulo de <i>Bruguiera gymnorrhizai</i> com raízes adventícias/ Fonte: (Semesi & Howell, 1985).....	8
Figura 5. Marés de Sizígia e marés de Quadraturas/ Fonte: Miguens (1996)	12
Figura 6. Localização da área de estudo/ fonte: Google earth.....	22

Lista de tabelas

Tabela 1. Classificação do Watson, 1928 derivada de sistemas de mangais da Malásia, MITADER (em preparação)	14
Tabela 2. Adaptado de classificação hidrológica incluindo grupos de espécies de mangal do sudeste asiático comuns (Loon <i>et al</i> , 2016).....	16
Tabela 3. Classificação hidrológica da maré no campo de restauro no bairro de Icidua ‘C’	25

Lita de símbolos e abreviaturas

A- Área

cm – Centímetros

°C - Graus centígrados

min- Minutos

%- Percentagem

CCAP – Programa de Adaptação das Cidades Costeiras

MDIM/D- Média da inundação minuto por dia;

MDIM/I- Média da inundação minuto por inundação.

MITADER- Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural

FAO- Fundo das Nações Unidas para Ambiente;

Id- Inundação diária

T- periodicidade

ONG- Organização não-governamental

n° -Número

ha-Hectares

Lista de Gráficos:

Gráfico 1. Variação da frequência da ocorrência da inundação por maré 26

Lista de equações:

(1)- Equação da duração da inundação por dia

(2)- Equação da periodicidade da maré

Índice

CAPITULO I	1
Introdução.....	1
Problema.....	2
Justificativa.....	2
Objectivos:.....	3
Geral:	3
Específicos:.....	3
Capitulo II.....	3
Revisão de Literatura.....	3
Mangal:.....	3
Factores Hidrológicos.....	11
Mare	11
Precipitação	17
Descargas dos rios.....	18
Capitulo III	21
Metodologia	21
Área de estudo	21
Material/instrumentos	22
Colheita dos dados	22
Tratamento de dados	23
Determinação da periodicidade e duração da inundação da maré	23
Duração da inundação da maré.....	23
Periodicidade da inundação da maré.....	24
Capitulo IV	25

Resultados	25
Discussão	27
Capitulo V	30
Conclusão	30
Recomendações	30
Bibliografia	31
Anexos	34

CAPITULO I

Introdução

Mangais, também designados por “florestas costeiras” ou “florestas do mar”, são formações florestais que ocorrem nos estuários de rios e lagos costeiros sujeitos ao regime de marés. Mangais são um tipo florestal, característico da zona litoral da costa tropical e subtropical e, marcam uma transição entre a plataforma continental e a marítima (Ribeiro *at all*, 2002).

O crescimento e desenvolvimento de mangais dependem de condicionalismos naturais nomeadamente clima tropical, costa livre de forte acção das ondas e marés, solos aluvionares finos, água salobra ou condições salinas e uma grande amplitude das marés. Esses factores influenciam a ocorrência e tamanho de mangais, a composição de espécies, zoneamento de espécies e outras características estruturais e funcionais do ecossistema.

O factor de extrema importância para a formação e desenvolvimento dos mangais são as marés. Elas transportam os sedimentos, a matéria orgânica, as sementes dos mangues (propágulos). O solo dos mangais caracteriza-se por ser húmido, salgado, lodoso, pobre em oxigénio e muito rico em nutrientes.

A hidrologia pode afectar o desenvolvimento do mangal através da precipitação e das descargas visto que a precipitação pode transportar os sedimentos da terra para o ambiente marinho (rio, e lagos) no mesmo processo pode ocorrer o transporte de agro-tóxicos. Estes venenos contaminam os rios, lençóis subterrâneos e, conseqüentemente os mangais.

Os factores abióticos que podem afectar o crescimento de mangal nas áreas de restauração, podem ser: o clima (especialmente a precipitação), taxa de sedimentação, regimes da maré, protecção contra acção das ondas e vento, salinidade, temperatura da água, relevo, e história geológica (Semesi, 1997). O habitat favorável para o crescimento e desenvolvimento do mangal é zona entre marés, supra litoral, franja litoral, com salinidade variável, substratos lodosos, compactos, plataformas de areia dependendo das adaptações de cada espécie (Semesi, 1997) citado por (MITADER, 2015).

Ao restaurar ecossistemas unem-se teorias e práticas, oferecendo condições para que sejam testadas, melhoradas e novos modelos teóricos sejam criados, com base em experimentos e situações reais, (Macamo & Siteo, 2017). Nos processos de restaurações, todos os sucessos, fracassos, incertezas e

métodos devem ser relatados por escrito, para que não se percam, (FIELD, 1997) citado por (Macamo & Siteo, 2017). Vários estudos do género foram feitos no Can Gio e Ca Mau no Vietnã, Mahakam na Indonésia, ilha do Chuabo Dembe e Incidua 'A' na cidade de Quelimane, O sucesso desse trabalho irá contribuir na educação da população urbana e a comunidade académica nos fins científicos.

Problema

Em muitos países, o valor dos mangais para protecção costeira, funcionamento dos ecossistemas e apoio aos meios de subsistência das comunidades costeiras foi reconhecido e projectos de restauração foram estabelecidos. Infelizmente, muitos desses projectos de restauração não tiveram sucesso. As razões para o fracasso dos projectos de restauração de mangais são inúmeras, variando de processos naturais a processos sociais. A falta do guião metodológica de processos de restauração ecológica de um ecossistema de mangal degradado é um dos motivos do fracasso de projectos de restauração das florestas de mangal.

Tem havido uma série de esforços direccionados para a gestão das florestas de mangal em Moçambique, muitos deles de forma isolada e nenhum deles resultou em acções significativas. Apoio financeiro de longo prazo e a falta de coordenação entre os actores envolvidos tem sido a principal causa do fracasso na implementação de actividades de restauração de mangais.

Justificativa

O país, para além das áreas degradadas, resultante da acção humana, ainda tem extensas áreas de mangal que merecem tratamento especial, em termos de protecção e conservação. Portanto restauração pode contribuir para minimizar os impactos da degradação na zona costeira através do reflorestamento das áreas anteriormente ocupadas pelo mangal.

Para o processo de restauração de uma área degrada e necessário o uso de guião que ira facilitar na metodologia a usar no processo de restauração ecológica de um ecossistema de mangal degradado e mostrar a importância de avaliar a hidrologia existente na de extensão natural de mangal, e aplicação deste conhecimento para proteger o mangal existente, e seguidamente para alcançar restauração ecológica próspera e custo-eficácia. A selecção de locais para restauração de mangal e sensibilização da comunidade local é a chave para o sucesso da implementação deste programa.

Objectivos:

Geral:

Avaliar as condições hidrológicas da maré para a restauração do mangal

Específicos:

- ❖ Determinar o tempo de inundação da maré no campo de restauro
- ❖ Calcular a periodicidade de inundação da maré no campo de restauro
- ❖ Definir as espécies apropriadas para o restauro no local

Capítulo II

Revisão de Literatura

Mangal:

Mangal é uma comunidade vegetal que coloniza as lagoas costeiras, os estuários e as depressões dos deltas. São comunidades adaptadas as condições elevadas salinidade e por isso podem substituir submersas em águas marinhas. As árvores de mangal são apenas um dos componentes do complexo ecossistémico do mangal que inclui: corpos associados a água e solos bem como uma variedade de outras plantas, animais e microorganismo. De acordo com Baia (2004), citado por (Siteo, 2015) O mangal é composto por árvores tolerantes à salinidade (holófitas), e que crescem em solos pouco arejados (anaeróbios), ricos em nutrientes, usando deste modo raízes aéreas (*pneumatóforos*) para respirar. Podem chegar até aos 20 m de altura. Tem como principais adaptações as raízes aéreas, *pneumatóforos*, membranas nas raízes que reduzem a entrada de sal e expelem o excesso de sal pelas folhas, viviparia (MICOA, 2012)

Distribuição e ocorrência da floresta do mangal

A distribuição e ecologia do mangal é determinado por vários factores, mas, os mais importantes são as condições edáficas, a duração das inundações, a dinâmica e frequência das marés. Á nível mundial, os mangais ocorrem em 112 países, incluindo Moçambique e, em geral, situam- entre as coordenadas 30° Norte e Sul do equador. Dentro destes limites, os mangais estão largamente distribuídos, mas, as florestas mais extensas, ricas e diversificadas localizam-se na costa oriental da África e América. Excepções notáveis fora da faixa acima referida, encontram-se nas Bermudas, Japão, Nova Zelândia e na costa ocidental da África do Sul (MICOA 1997).



Figura 1. Ilustração da área de ocorrência de mangal a nível mundial/ fonte: Adaptado de Giri *et al.* (2011).

O mangal em Moçambique ocupa uma área estimada de 390 000 hectares (FAO, 2007), que se estendem ao longo dos 2.770 quilómetros de costa e geralmente ocorre ao longo de estuários, baías e lagunas (FAO, 2005). De acordo com a FAO (2007), o mangal de Moçambique é o segundo em África, e o maior na região da África Oriental, no entanto, de acordo com o estudo recente realizado por Giri *et al.*, 2011, o mangal de Moçambique ocupa o terceiro lugar em África, depois da Nigéria e Guiné Bissau.

Ao nível do país, o mangal está maioritariamente concentrado nas regiões Norte e Centro, onde grandes volumes de água doce são descarregados para o Oceano Índico, principalmente os rios Zambeze, Pungué, Save e Búzi no Centro do país. O Delta do Zambeze estende-se numa

Distância de 180 Km ao longo da costa e 50 Km para o interior e alberga cerca de 50% dos mangais em Moçambique, sendo um dos mais extensos habitats de mangal em África (Chevallier, 2013) citado por (MITADER, 2015), podendo atingir uma altura de 30 metros. No norte de Moçambique, os mangais são encontrados a partir do rio Rovuma em Cabo Delgado, até Angoche em Nampula, com áreas de notável desenvolvimento em Lumbo, Ibo- Quissanga e baía de Pemba. No Sul do país, os mangais ocorrem com notável desenvolvimento em Morrumbene, baía de Inhambane, baía de Maputo, e na Ilha de Inhaca.

Cerca de 8 espécies de mangal ocorrem em Moçambique (FAO, 2005), sendo as principais a *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Sonneratia alba*, *Lumniera racemosa* e *Xilocarpus granatum* (MICOA, 2006; Barbosa et al, 2001).

Zoneamento do mangal

Muitos estudos classificam as comunidades de mangal como espécies pioneiras ou de sucessão consecutivas. Deste modo, a zonação dentro de um bosque de mangal tenderia a evoluir para uma comunidade vegetal terrestre (floresta). Mas outros investigadores consideram o bosque de mangal como uma “comunidade estável”, que interage e responde às condições ambientais dentro do mesmo, ou a forças ambientais externas como mudança no nível do mar, composição do substrato e a acção das ondas.

No que concerne à salinidade, este factor é considerado um eliminador competitivo e por isso não é determinante na zonação. O mangal pode crescer em habitats de água doce, mas lentamente e não competem bem com o biótopo local. Não requerendo apenas condições salinas, são *halófitas* facultativas. Tendo vantagem pela falta de competição pelas plantas marinhas em mares tropicais.

Parece plausível que a zonação dos mangais não represente necessariamente uma sequência e que as áreas de mangal possam invariavelmente acumular o solo. A zonação dos mangais será um resultado global de todas as forças externas que actuem no local.

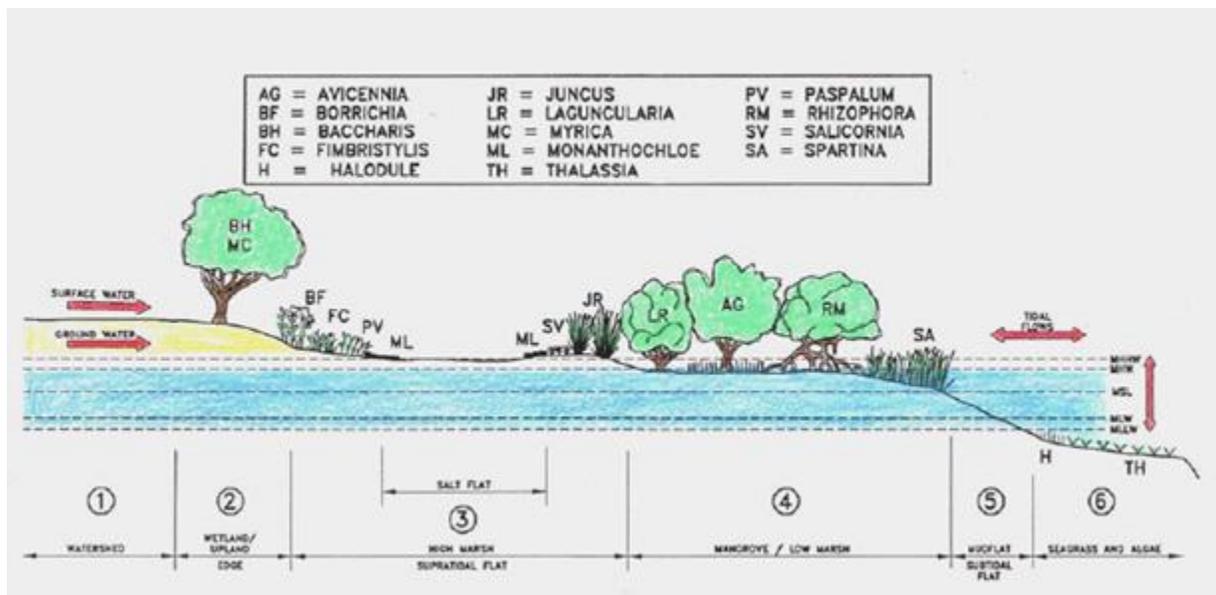


Figura 2. Zonamento do mangal/ fonte: Aula de ecologia

Adaptação do mangal

Os solos do mangal, geralmente são aluviais e hidromórficos (FAO, 1994). Quanto à composição, eles podem ser arenosos, argilosos ou formados por sedimentos minerais e orgânicos (Lamprecht, 1990). Devido a falta de Oxigênio, os solos apresentam uma coloração cinzenta a cinzento- escuro, com odor desagradável e possuem um teor salino muito elevado.

Os mangais sobrevivem numa grande variedade de solos, mas, os mais favoráveis são aqueles composto por sedimentos ricos em húmus e com uma certa participação de área, porque a falta de oxigênio não é tão acentuada. As condições desfavoráveis do sítio obrigam a que as árvores desenvolvam mecanismos de sobrevivência tais como folhas suculentas (brilhantes e pilosas) para reduzir a transpiração. O fornecimento de oxigênio é assegurado por raízes *pneumatóforas*, também chamadas raízes aéreas. Nas espécies do género *Rhizophora* as raízes formam-se desde a copa ou do tronco, até ao solo. *Avicennia spp*, *Xilocarpus spp*, e *Sonneratia spp*, formam raízes delgadas e que descrevem um percurso sinuoso sobre o solo (Figura).



Figura 3. Sistema radicular de *Xilocarpus* spp/ Fonte: (Semesi & Howell, 1985)

O sistema radicular para além de garantir um nível eficiente de respiração, absorção de água e nutrientes, permite uma suficiente fixação da árvore no solo em condições extremamente difíceis de inundação. Por outro lado, presta uma contribuição substancial na formação do solo, retendo materiais flutuantes ou imersos de natureza orgânica, como por exemplo material limoso, arenoso, etc., trazidos pelo fluxo e refluxo da maré.

O outro mecanismo de sobrevivência das árvores do mangal, tem haver com a estratégias de dispersão. Algumas espécies como por exemplo *Bruguiera gymnorrhizai* forma um propágulo (Figura) que desenvolve o seu sistema radicular ainda na árvore e, quando cai sobre o solo, caso as condições forem, estabelecesse entre dois a três dias e, começa crescer imediatamente.

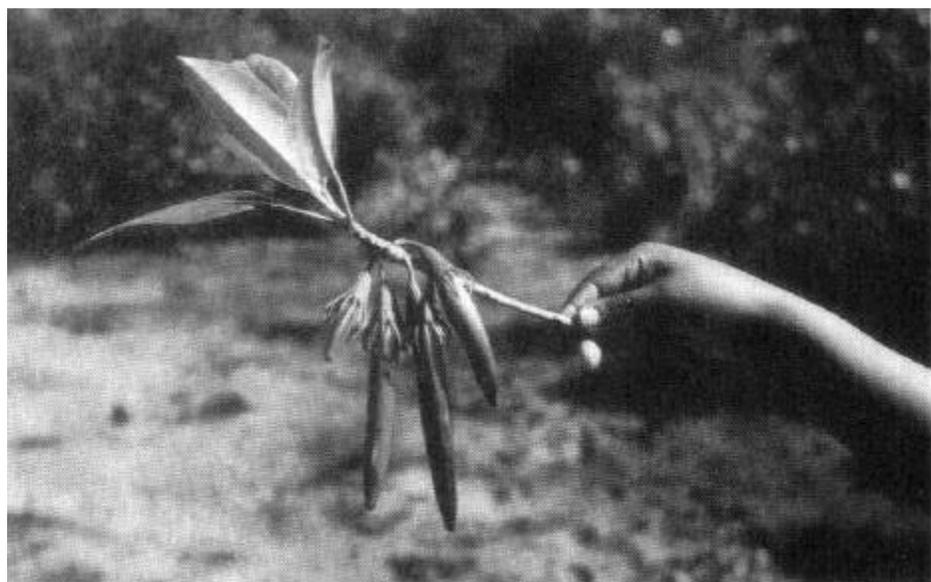


Figura 4. Ilustração de um propágulo de *Bruguiera gymnorrhiza* com raízes adventícias/ Fonte: (Semesi & Howell, 1985)

Restauro do mangal

O restauro da floresta de mangal é um processo de replante-o das mudas de mangal numa área degradada o objectivo é de recuperar a floresta perdida. Para este processo é necessário tomar em conta:

- ✓ A consulta da tabela de marés;
- ✓ Medição de níveis da maré;
- ✓ Consulta da literatura sobre o mangais e sua área de distribuição e se possível o comportamento da maré;
- ✓ Procurar de fotografias aéreas recentes ou até mesmo históricas;
- ✓ Procurar saber se alguém tentou restabelecer o mangal nessa área;
- ✓ Se alguém tentou restaurar o mangal, qual foi o sucesso e fracassos;
- ✓ Houve qualquer lição aprendida destes esforços prévios.

Zonas de degradação de mangal

Os mangais são sistemas globalmente ameaçados, sobretudo por formas de uso não sustentável (Giri *et al*, 2011; Bosire *et al*, 2016). O mangal é um ecossistema sensível aos distúrbios, particularmente às alterações da hidrologia, às características do substrato e à poluição por óleos e outros componentes

de petróleo (Valiela *et al.*, 2001; Giri *et al.*, 2011; WWF, 2016). As principais ameaças globais incluem a aquacultura, a conversão para outras formas de uso de terra (ex.: salinas, cultivo de óleo de palma), expansão urbana, poluição e desmatamento para obtenção de lenha e madeira (Taylor *et al.*, 2003; Giri *et al.*, 2011; Bosire *et al.*, 2016). Nos países em desenvolvimento, a degradação dos mangais está intimamente ligada à dependência das comunidades costeiras pelos recursos naturais (Bosire *et al.*, 2016).

Em Moçambique, as causas de degradação dos mangais estão ligadas a factores antropogénicos e naturais. Os factores antropogénicos parecem constituir a principal ameaça aos mangais no país, e estão relacionados em grande medida com as principais formas de uso dos recursos de mangal. De acordo com Barbosa *et al.*, (2001), as principais formas de uso dos mangais em Moçambique são: o corte para obtenção de combustível lenhoso, madeira e estacas (para venda e consumo doméstico); a construção de barcos, de vedações e de vários utensílios domésticos. Algumas áreas de mangal foram também convertidas em salinas, e por vezes usadas para a pastagem de gado (Taylor *et al.*, 2003).

Nas zonas remotas e de baixa densidade populacional onde o consumo doméstico de recursos madeireiros é a forma predominante de uso, os impactos podem ser menos pronunciados (Bandeira *et al.*, 2009; Macamo *et al.*, 2015), enquanto nas zonas urbanas e suas periferias podem ser identificadas outras formas de ameaça (LeMarie *et al.*, 2006; Macamo *et al.*, 2015). Na Baía de Maputo, por exemplo, os mangais são ameaçados pela expansão urbana [áreas extensas desmatadas para a construção de infra-estruturas (Bandeira *et al.*, 2009; Macamo *et al.*, 2015)], pela poluição por resíduos sólidos e químicos (Scarlet, 2014), e ainda corte de lenha e madeira para uso doméstico e revenda (LeMarie *et al.*, 2006; Bandeira *et al.*, 2009; Paula *et al.*, 2014; Macamo *et al.*, 2015). Embora em Moçambique não sejam concedidas licenças para a exploração de madeira de mangal, é sabido que tal acontece em muitos locais ao longo do país, existindo inclusive mercados de mangal, onde este tipo de madeira em particular é vendido.

Na cidade da Beira, os mangais que crescem ao longo do canal do Rio Chiveve sofrem também uma forma de pressão comum às zonas peri-urbanas (Anjos, 2011). Recentemente, uma área relativamente extensa (cerca de um terço do mangal na foz do Rio Chiveve) foi desmatada para obras de reabilitação do canal (limpeza e expansão), que se espera trazer um impacto positivo sobre as inundações que ocorrem na cidade de forma frequente.

A aquacultura, principal causa do desflorestamento dos mangais a nível global (Giri *et al.*, 2011), foi responsável pela transformação de 850 ha de mangal em Moçambique, o que corresponde a cerca de 2.8% da cobertura actual da floresta de mangal do país (Chevalier, 2013). Esta área está distribuída pelas florestas de mangal na Costa do Sol (18.5 ha), Beira (132 ha), Quelimane (450 ha) e Pemba (250 ha). Importa salientar que nenhuma das farmas de aquacultura está actualmente operacional (Macamo *et al.*, 2016a; Bandeira *et al.*, 2016).

Por outro lado, a construção de salinas constitui uma ameaça maior. Por exemplo, em Mecúfi, província de Cabo Delgado, de acordo com os Serviços Distritais de Planeamento e Infraestruturas (SDPI), o número de salinas cresceu de 13, em 2008, para 55, em 2015 (uma média de cinco salinas construídas por ano). Outros locais com grande concentração de salinas incluem Mossuril (Barbosa *et al.*, 2001) e Baía de Maputo (Nhabinde *et al.*, 2014).

Os factores naturais que concorrem para a degradação de mangais em Moçambique incluem sedimentação e erosão, ciclones e cheias (Bandeira & Balidy, 2016; Shapiro *et al.*, 2015; Macamo *et al.*, 2016a). Por exemplo, na foz do Rio Limpopo, cerca de 500 ha de mangal foram perdidos após a cheia massiva do ano 2000, que submeteu a floresta a um período de submersão permanente de mais de 40 dias (Bandeira & Balidy, 2016). O soterramento das raízes das árvores e alteração das características do solo também contribuíram para a mortalidade massiva das plantas, e a espécie *Ceriops tagal* foi dada como extinta na floresta (Bandeira & Balidy, 2016). Parte desta área foi recuperada à posterior por projectos de replantio, que por sua vez induziram uma regeneração natural e recolonização de novas áreas. Actualmente estima-se que cerca de 100 ha de floresta tenham sido recuperados. As cheias de 2000 e o ciclone Eline associado, também tiveram impactos negativos na floresta de mangal do delta do Rio Save (Macamo *et al.*, 2016b). Entre 2000 e 2007 este mangal foi afectado por três ciclones de grande magnitude (Eline no ano 2000, Japhet em 2003 e Favio em 2007), que alteraram de forma significativa a estrutura da floresta, causando mortalidade massiva. A erosão também foi responsável pela perda de vários hectares no delta do Rio Zambeze (Bandeira *et al.*; Shapiro *et al.*, 2015).

Zona de restauro de mangal

O reconhecimento da pressão existente nos mangais e da importância destes ecossistemas na provisão de bens e serviços de utilidade pública, várias iniciativas de restauração de mangais têm sido levadas a cabo em Moçambique. Dada a abundante produção de propágulos e outro material reprodutivo e a facilidade de estabelecimento, diversos projectos financiados por ONGs e pelo Governo têm sido levados a cabo com participação comunitária em regiões onde o mangal tem sofrido destruição. Exemplos de projectos de restauração de mangal podem ser encontrados na Província de Maputo (Costa do Sol), Foz do Rio Limpopo (Zongoene), Beira (Nhangau, Savane), Delta do Rio Zambeze, Nacala-Mussoril, Angoche- Moma, Ilha de Moçambique e PNQ

O mangal desmatado em certas áreas está neste momento em processo de reposição, com o plantio de mudas de pelo menos 3 espécies (aumentando desta forma a diversidade específica do local de uma para três espécies. Actualmente estima-se que cerca de 100 ha de floresta tenham sido recuperados.

Factores Hidrológicos.

Maré

Maré é a oscilação vertical da superfície do mar ou outra grande massa d'água sobre a Terra, causada primariamente pelas diferenças na atracção gravitacional da Lua e, em menor extensão, do Sol sobre os diversos pontos da Terra. A oscilação da maré é consequência, basicamente, da Lei da Gravitação Universal de Newton, segundo a qual as matérias se atraem nas razões directas das suas massas e na razão inversa do quadrado da distância que as separa. A Lua, devido à sua proximidade, é o corpo celeste que mais influencia a maré, seguindo-se o Sol, por força de sua enorme massa. A influência dos demais planetas e estrelas é bem menos significativa.

Segundo Brown (2005), maré é uma onda longa gravitacional gerada por forças combinadas de interacção entre os corpos celestes (Terra, Lua e Sol) e ainda da topografia. Ela propaga-se em profundidades muito pequenas da ordem de centenas de metros quando comparadas a seu comprimento de onda da ordem de centenas de quilómetros.

Quanto maior a amplitude da maré ao longo de uma costa baixa, maior a área afogada durante cada ciclo tidal, favorecendo ao desenvolvimento de extensos mangal, (AYALA, 1999). A maré é responsável pela distribuição dos mangais, pelo transporte de nutrientes tanto para dentro do mangal,

como para áreas adjacentes. A área do mangal é delimitada pelo alcance das marés, terra adentro até o limite onde as águas salgadas ou salobra atingem com a maré mais alta, dando condições às espécies vegetais típicas de colonizarem a área, como também em direcção ao mar, até onde atingem as marés mais baixais.

Marés de sizígia e marés de quadratura

Segundo Miguens (1996), as forças de atracção da Lua e do Sol se somam duas vezes em cada lunação (intervalo de tempo entre duas conjunções ou oposições da lua, que é em média 29,530588 dias). Isso ocorre por ocasião da lua nova e da lua Cheia, produzindo marés de sizígia (ou de águas vivas), com maiores amplitudes entre preamares (PM-período de parada da maré alta) e baixa-mares (BM-período de parada da maré baixa). Por ocasião da lua quarto crescente e quarto minguante, ocorrem marés de quadratura (ou de águas mortas), com preamares mais baixas e baixa-mares mais altas, e, portanto, menores amplitudes, conforme a figura ilustra.

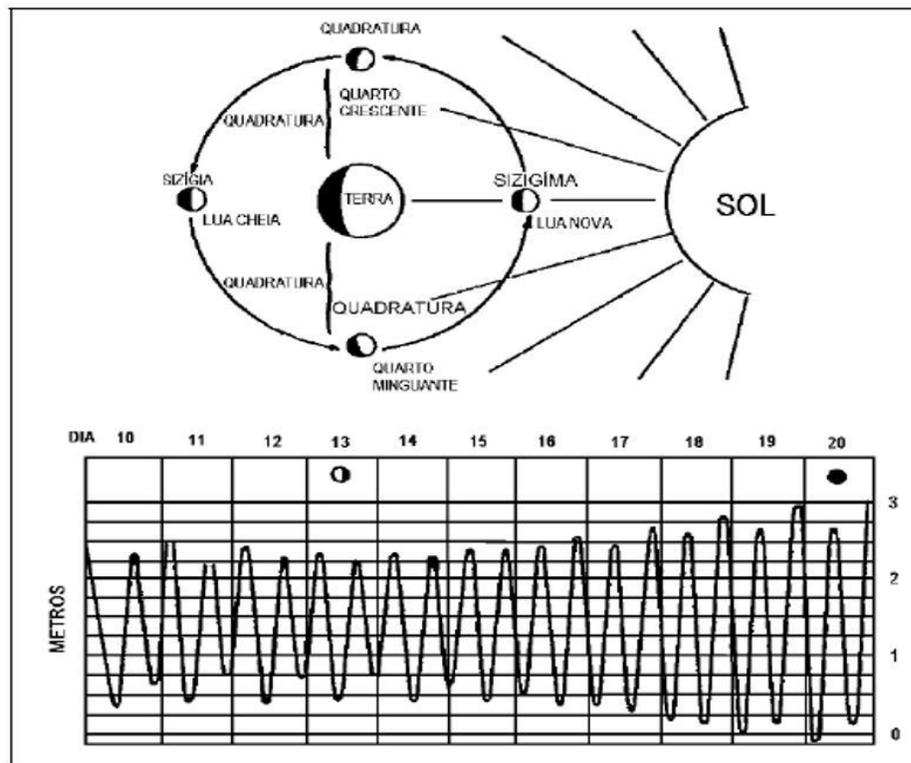


Figura 5. Marés de Sizígia e marés de Quadraturas/ Fonte: Miguens (1996)

Comportamento das marés

Ao se aproximar da zona costeira a maré sofre alterações em suas características devido as bruscas mudanças na profundidade do fundo marinho e as interações com a linha de costa (PARKER, 1991).

As contínuas alterações na estrutura da onda de maré conforme ela se propaga em direção ao estuário e para dentro do mesmo, faz com que a maré tenha influência dominante na dinâmica estuarina (PARKER, 1991). Essas alterações são geradas pela ocorrência de processos de águas rasas não - lineares ocasionados pela interação com a geometria do estuário e pela fricção do fundo e dos contornos terrestres. Estes processos resultam em modificações na amplitude da onda de maré e na transferência de energia a partir das constituintes harmônicas fundamentais que formam a maré superficial astronômica para frequências harmônicas mais altas e mais baixas, resultando na produção de harmônicos mais altos (PARKER, 1991; GODIN, 1991; FRIEDRICHS & MADSEN, 1992). Esta produção de harmônicos mais altos é chamada de assimetria da maré barotrópica, pois ela distorce a superfície livre e causa correntes dominantes de maré enchente ou vazante, dependendo das fases relativas entre as constituintes fundamentais da maré e as sobremarés (AUBREY, 1984) citado por (OLIVEIRA, 2010). Dessa forma, quando M2 é a constituinte semidiurna dominante no ambiente, M4 é a principal sobremaré quarto - diurna formada dentro do estuário. Conseqüentemente pode-se usar o parâmetro adimensional M4/M2 (amplitude ou velocidade) para indicar a magnitude da assimetria de maré gerada dentro do estuário. Segundo Aubrey (1984), este parâmetro reflecte os efeitos combinados de transferência de energia espectral, a partir da M2 para a M4 e de dissipação friccional quando a maré propaga-se pelo estuário. Além disso, a fase relativa de M2 e M4 determina o sentido da assimetria, ou seja, se a dominância é de enchente ou de vazante.

Duração e frequência da inundação da maré

Segundo MITADER (em preparação) citado por (Muabsa, 2017) diz que, é muito importante conhecer a duração dos períodos da inundação e seca na área onde ocorre a floresta de mangal saudável.

Aproximações usadas para a zonação de mangais são apresentadas no esquema seguinte baseado em grau (altura da água) e frequência de inundação da maré desenvolvido por Watson, 1928 a partir do trabalho realizado em mangais malaio, MITADER

Tabela 1. Classificação do Watson, 1928 derivada de sistemas de mangais da Malásia, MITADER (em preparação)

Classe	Tipo de inundação	Altura da água em metros (m)	Frequência da inundação (n° de vezes/ mês)
1	Todas marés altas	< 2.44	59- 62
2	Marés altas medias	2.44 - 3.35	45- 59
3	Marés altas normais	3.35- 3.39	20 – 45
4	Marés altas vivas	3.39- 4.57	2 – 20
5	Anormais (marés de equinócio), em 21 de Março e 23 de Setembro	>4.57	<2

Classe 1: Os mangais nesta classe são inundados por todas as marés altas. A espécie predominante neste ambiente é a *Rhizophora mucronata*. Esta espécie prefere áreas debaixo de maior influência de água doce. Podendo ser o pioneiro para *Avicennia marina* e *Sonneratia alba*.

Classe 2: os mangais nesta classe são inundados por todas as marés médio-altas. As espécies predominantes são as *Avicennia marina*, *Sonneratia alba* e *Rhizophora mucronata*.

Classe 3: Nesta classe, a inundação é através das marés altas-normais. A maioria das espécies prospera debaixo destas condições. Uma parte grande do ecossistema dos mangais entra esta classe que exhibe a biodiversidade mais alta dos mangais. Espécies comuns são: *Rhizophoras spp* (frequentemente dominante), *Ceriops tagal*, *Xylocarpus granatum* e *Lumnitzera racemosa*.

Classe 4: Nesta classe, a inundação só ocorre durante marés vivas. A área é geralmente considerada muito seca para as *Rhizophoras spp*, mais, pode estar poucos indivíduos desta espécie. As espécies comuns são: *Brugueira spp*, *Xylocarpus granatum* e *Lumnitzera racemosa*.

Classe 5: A inundaç o nesta classe s o ocorre durante o equin cio ou excepcionalmente em mar s altas. As esp cies predominantes s o: *Brugueira gymnorrhiza* (dominante), *Heritera littoralis*. MITADER, (em prepara o) citado por (Muabsa, 2017)

Apesar da ampla aplica o da classifica o de Watson fora Mal sia, Loon *et al*, (2016) apontou algumas desvantagens desta classifica o para uma aplica o geral. O mais importante inconveniente   que a classifica o de Watson   desenvolvida para regi es com um regime de mar s regular e um perfil regular de eleva o, Loon *at all*, (2016), verificou que devido a um regime de mar s irregular e micro topografia as caracter sticas da inunda o de uma floresta de mangal mostrou muita maior variabilidade espacial do que o esperado. Muitos autores citados por (Loon *et al*, 2016), foram sugerindo uma nova classifica o, essa que tem mais importantes altera es includos.

- Dividir a classe mais diversificada 3 na classe 2, de modo a reflectir a maior sensibilidade das esp cies de mangal a condi es hidrol gicas cerca de 3 classes.
- Omitindo a vari vel “regime de mar s” porque   demasiado vago e n o    til em situa es com mares irregular
- Usando “dura o da inunda o” em vez de “frequ ncia de inunda o” para aumentar a usabilidade em situa es com perfil de eleva o irregular e mar s irregular.

Introdu o de duas formas de medir a dura o da inunda o, porque Loon *et al*, (2007), descobriu que estes s o ambos importantes para determinar a classe da vegeta o correcta.

Nota-se que uma eleva o variavel ainda esta incluida na tabela a baixo, mais que segundo Loon *et al*, (2007), citado por Loon *et al*, (2016), descorajam a sua utiliza o. Loon *et al*, (2007), menciona que a eleva o so pode ser utilizada em regioes de mangal com regime de mar s regular e com perfil de eleva o regular, onde h  medicaes de niveis de  gua podem ser feito e existem medicaes precisas da eleva o. A classifica o adptada da tabela abaixo, possui ate agora sido utilizados em areas de mangais naturais e n o em projecos de restaura o de mangais (Loon *et al*, 2016).

Tabela 2. Adaptado de classificação hidrológica incluindo grupos de espécies de mangal do sudeste asiático comuns (Loon *et al*, 2016).

Classe	Elevação [cm+MNM]	Duracao da inundação [min/dia]	Duracao da inundação [min/inundação]	Espécies da vegetação
1	<0	>800	>600	Nenhuma
2	0-50	400-800	450-600	<i>A.alba blume, sonneratia spp</i>
2*	50-100	250-400	200-450	<i>Avicennia spp, Rhizophora spp, Brugueira spp.</i>
3	100-150	150-250	100-200	<i>Rhizophora spp, Ceriops spp, Brugueira spp.</i>
4	150-210	10-150	50-100	<i>Lumnitzera spp, Ceriops spp, Brugueira spp.</i>
5	>210	<10	<50	<i>Ceriops spp, Phoenix paludosa Roxb.</i>

Periodicidade da inundação da maré

Para a periodicidade da maré o tempo necessário para que a terra faça uma rotação completa em relação à lua é de 24 horas e 50min, ou um dia lunar. Portanto, as duas águas altas e as duas baixas ocorrem cerca de 50min mais tarde que o dia anterior (Portal Sao Francisco, 20015).

Precipitação

Precipitação corresponde à água proveniente do vapor de água da atmosfera que se deposita na superfície da terra sob diferentes formas, como chuva, granizo, neve, neblina, orvalho ou geada. (Júnior) e caudal é definido como sendo a quantidade em volume que escoar através de certa secção em um intervalo de tempo considerado. As unidades volumétricas mais comuns são: m³/s, m³/h, l/h, l/min, GPM (galões por minuto), Nm³/h (normal metro cúbico por hora), SCFH (normal pé cúbico por hora), entre outras (Cassiolo e O.Alves).

Precipitação em Moçambique

A maior parte do território Moçambicano localiza-se na zona intertropical, o que lhe confere um clima do tipo tropical com quatro variações: tropical húmido, tropical seco, tropical semiárido e clima modificado pela altitude (Lobo, 1999). Queface (2009) afirma que, o clima tropical húmido é o predominante, caracterizado por duas estações, fria e seca que se estende de Maio a Setembro e a quente e húmida entre Outubro e Abril. A precipitação é mais abundante no centro e no norte do país, com uma média anual de 1.000 a 1.400 mm, chegando a atingir os 2.200 mm nas terras altas da Zambézia (Cordeiro, 1987).

De acordo com Benissene, (2002) a sul do rio Save, a precipitação é irregular e indefinida, podendo ocorrer longos períodos de seca e Queface (2009) afirma que esta decresce do litoral para o interior (1.000 a 800 mm e 800 a 600 mm), e diminui até cerca de 300 mm no distrito de Pafúri na província de Gaza.

Influência da precipitação no desenvolvimento do mangal

A precipitação pode influenciar no crescimento dos mangais de várias maneiras e uma delas pode ser através de. Quando se retira a mata que contorna o rio (mata ciliar), o solo fica descoberto e aí nada segura a chuva, que vai embora mal penetrando no solo. Correndo ladeira abaixo, a água da chuva arrasta parte do solo, que, por falta de vegetação, está desprotegido. A terra desliza para o rio acarretando outro problema: a erosão. A mistura de terra e água vai para os rios, estes ficam rasos e transbordam, sendo entupidos: é o chamado assoreamento. O material que chega à foz é depositado no mangal. Com o uso indiscriminado de agro-tóxicos e metais pesados em práticas agrícolas indevidas, acrescido de queimadas e desmatamento, o solo perde a camada que fica por cima, que é a mais rica. A retirada da mata que contorna o rio (mata ciliar), o solo fica descoberto e aí nada segura a chuva, que vai embora mal penetrando no solo. Correndo ladeira abaixo, a água da chuva arrasta parte do solo, que, por falta de vegetação, está desprotegido. A terra desliza para o rio acarretando outro problema: a erosão. A mistura de terra e água vai para os rios, estes ficam rasos e transbordam, sendo entupidos: é o chamado assoreamento. O material que chega à foz é depositado no mangal. Com o uso indiscriminado de agro-tóxicos e metais pesados em práticas agrícolas indevidas, acrescido de queimadas e desmatamento, o solo perde a camada que fica por cima, que é a mais rica. A água da chuva também arrasta os agro-tóxicos. Estes venenos contaminam os rios, lençóis subterrâneos e, conseqüentemente, os mangais.

Descargas dos rios

Os rios proporcionam a forma mais visível de escoamento da água fazendo parte integrante do ciclo hidrológico e alimentado a partir das águas superficiais e subterrâneas. A vazão é uma das principais variáveis que caracteriza um rio, constituindo-se da quantidade de água que passa por uma seção num determinado período de tempo.

As vazões que escoam em um curso de água são consideradas estocásticas (Tucci C. E., 2002) sendo variáveis no tempo e no espaço. Essa variabilidade representada pela subida e descida das águas consideradas no decorrer de um ano civil (Janeiro a Dezembro) ou um ano hidrológico (ciclo de vazante-cheia-vazante) corresponde ao regime fluvial ou regime de cursos de água ou hidrológico (DESTEFANI, 2005).

Tucci (1993) diz que a variabilidade do regime hidrológico é controlada por alguns elementos que formam a bacia hidrográfica ou factores que nela ocorrem. Dentre eles estão: as condições climáticas, como a precipitação, evapotranspiração e a radiação solar; a geologia; a geomorfologia; os tipos e uso dos solos; a cobertura vegetal e as acções antrópicas. O regime de um curso de água se constitui na forma em que é alimentado, ou seja, de acordo com a origem da água que o abastece. Pode ser classificado em pluvial, nival ou misto. O regime pluvial é caracterizado pelos rios que recebem água da chuva, já no regime nival o rio é abastecido pelo derretimento de geleiras.

Regime dos cursos de água

De grande importância no estudo das bacias hidrográficas é o conhecimento do sistema de drenagem, ou seja, que tipo de curso d'água está drenando a região de acordo com seu regime. Segundo (Carvalho e Da Silva, 2006) uma maneira utilizada para classificar os cursos de água é a de tomar como base a constância do escoamento com o que se determinam três tipos:

- a) **Perenes:** contém água durante todo o tempo. O lençol freático mantém uma alimentação contínua e não desce nunca abaixo do leito do curso d'água, mesmo durante as secas mais severas.
- b) **Intermitentes:** em geral, escoam durante as estações de chuvas e secam nas de estiagem. Durante as estações chuvosas, transportam todos os tipos de deflúvio, pois o lençol d'água subterrâneo conserva-se acima do leito fluvial e alimentando o curso d'água, o que não ocorre na época de estiagem, quando o lençol freático se encontra em um nível inferior ao do leito.
- c) **Efémeros:** existem apenas durante ou imediatamente após os períodos de precipitação e só transportam escoamento superficial. A superfície freática se encontra sempre a um nível inferior ao do leito fluvial, não havendo a possibilidade de escoamento de deflúvio subterrâneo.

Influencia das descargas dos rios nos mangais

Toda a área que é banhada pelos rios e lençóis subterrâneos é chamada de bacia hidrográfica. É aí que entra a influência da bacia nos mangais. O transporte de sedimentos das bacias de drenagem para o litoral. Esse transporte pode ser controlado por actividades naturais ou promovidos pelas actividades antrópicas. Como actividades naturais dos rios podem ser consideradas os seguintes factores: quantidade de chuvas em períodos relativamente evidentes, alteração na drenagem natural, formação dos meandros e erosão costeira. Todos esses factores naturais interferem na paisagem do mangal, isso

porque geralmente os mangais se situam em desembocadura de rios, estando sujeito a inundações derivadas do regime de marés. A comunidade vegetal do mangal está adaptada a se desenvolver em regiões inundadas, a flutuações de salinidade e a sedimento frouxo, com baixos teores de oxigénio.

Quando os processos de interferência no ecossistema são naturais, a própria natureza absorve o impacto, porque nada mais é do que uma forma de troca entre elementos físicos, químicos e biológicos. São as interações ecológicas. Ou seja, todo e qualquer processo ambiental representa um fluxo com transferência de matéria ou energia entre elementos do sistema.

Quando a bacia hidrográfica é mal gerenciada, os rios reflectem problemas ambientais e, conseqüentemente, os mangais. Por isso mesmo, os mangais recebem directamente os impactos ambientais.

Embora os rios tenham capacidade de dispersar e transformar química e biologicamente os agentes contaminantes, a variedade e velocidade com que o homem os lança impede-se, muitas vezes, que haja recuperação natural. Habitat com baixa energia e zonas costeiras são mais sensíveis e tem menor capacidade de recuperação. A sensibilidade de certas espécies de organismos como moluscos, crustáceos, equinodermes e peixes foi estudada por décadas! Plantas e animais possuem diferentes habilidades para regular a concentração de contaminantes no organismo.

À medida que um organismo é continuamente exposto a um contaminante ocorre um aumento progressivo da concentração corporal. Esse processo é lento. Por isso, dificulta-se o estabelecimento de relações de causa e efeito entre a presença de poluentes e a ocorrência de alteração ecológica.

Capítulo III

Metodologia

Área de estudo

O estudo realizou-se na no campo de restauro C do bairro de Icidua, pertencente a cidade de Quelimane, na latitude 17°53'5.81" S e longitude 36°55'15.17"E.

É uma área de 12818.4 m² equivalente a 1.282 ha com presença de solos argilosos. O clima da região é tropical. Há muito mais pluviosidade no verão que no inverno. De acordo com koppen e Gelger a classificação do é AW 25.3°C é a temperatura media e tem uma pluviosidade media anual de 1346mm. A variação das estações são quente e húmida (entre Novembro e Março) e uma estação fresca e seca (de Abril a Outubro). As temperaturas são elevadas durante todo o ano (Milhano, 2008).

O mês mais seco é Setembro com 16mm. O mês de Janeiro é o mês com maior precipitação apresentando uma média de 251mm. Para a temperatura, Janeiro é o mês mais quente com uma média de 28.1°C e o mês de Julho representa o mês com a temperatura mais baixa do ano com uma média de 21.0°C. A diferença entre a precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso é de 235mm. Ao longo do ano as temperaturas medias variam de 7.1°C (clima-date)

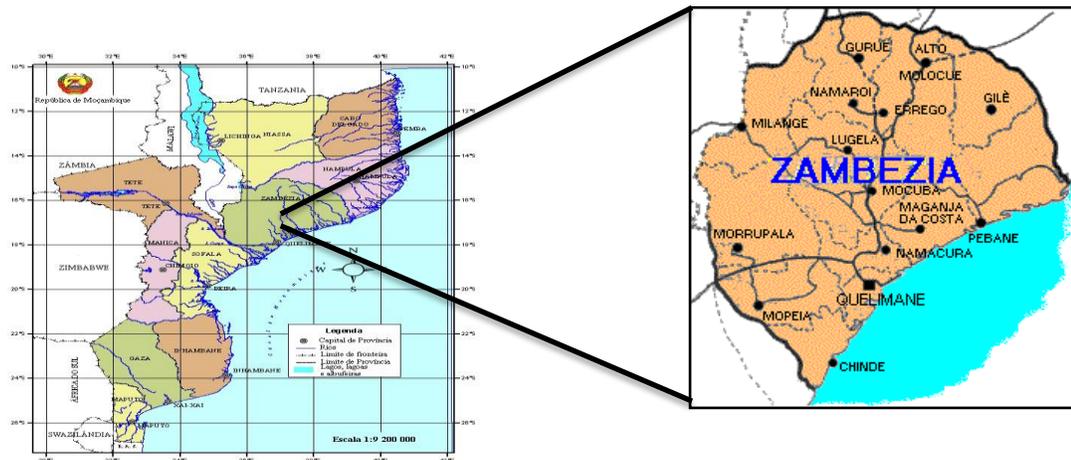




Figura 6. Localização da área de estudo/ fonte: Google earth

Material/instrumentos

Para a realização das actividades de colheita de dados na área de restauro de mangal foi usado o seguinte material:

- GPS- Geography Position Sistem
- Régua - Media a altura da maré na área em estudo
- Máquina fotográfica- captura de imagens da área de estudo

Colheita dos dados

Foram colhidos dados da altura da maré na área de restauro durante 9 dias. A colheita consistia no registo da altura da maré em cada 30 minutos durante o período do início de inundação até a fase do início da vazante de cada dia. Nos dias em que o início de inundação foi tardio foi alterado a fase de registo das alturas, isto é, iniciando no nível mais alto até o término da inundação.

Tratamento de dados

O tratamento de dados consistiu na separação de dados por parâmetros. Os dados da altura da inundação na área de restauro foram submetidos ao *Microsoft Office Excel*. Nessa fase calculou-se a média da duração da inundação minutos por dia (MDIM/D) e a média da duração da inundação minutos por inundação (MDIM/I). Para o cálculo da MDIM/I usou-se os dados do tempo da ocorrência da inundação no local restauro, isto é, primeiro consistiu no cálculo de tempo da duração da inundação dada por minuto que é calculado pela fórmula [1] e de seguida calculou-se a MDIM/D.

Para o cálculo da MDIM/D foram usados os dados tempo da duração da inundação por minuto e multiplicado por 2 para a obtenção do valor de duração da inundação minutos por dia, de seguida calculou-se a sua média que irá corresponder a MDIM/D.

Para o cálculo da frequência da ocorrência da inundação usou-se os dados da tabela de maré adquirido na tabuademares.com, os mesmos tem a variação diária e mensal. Os dados usados são de Novembro 2017 a Outubro 2018, os mesmos foram submetidos ao pacote estatístico para a obtenção da frequência da ocorrência de inundação. Com ajuda da ferramenta estatística determinou-se o valor mínimo para a ocorrência da inundação e por sua vez esse valor foi usado como referência no processamento mensal.

Determinação da periodicidade e duração da inundação da maré

Para a determinação da periodicidade e duração da inundação da maré, usou-se dados da tabela de maré fornecido pela plataforma metrológica (tabua de marés e solunares), dados esses utilizados pelo facto de serem compatíveis e de fácil acesso, tendo feito a previsão das marés, com uma periodicidade de 12 meses, partindo de Novembro-Outubro (2017-2018).

Duração da inundação da maré

Para a determinação da duração de inundação diária, obedece-se certos critérios para a duração. Registou-se o tempo de início da inundação na área (enchente) e o tempo do início da vazão, foram definidos como o tempo em que a curva da maré atravessa a linha referencial (altura do solo na área em estudo). A inundação diária é usada para a determinação da média diária, mensais. Para a duração da inundação por dia usou-se a seguinte equação.

$$Id = H_f - H_i \text{ (min)} \quad [1]$$

Onde:

H_i - início da inundação (h:min)

H_f – fim da inundação (h:min)

Periodicidade da inundação da maré

A determinação da periodicidade da inundação, baseou-se no critério da periodicidade da maré que considera que a ocorrência da mare na costa se faz sentir 50min depois do previsto na tabela de marés. Usando esse critério podemos prever a periodicidade da ocorrência da inundação na costa através da seguinte equação.

$$T = t + 50\text{min} \quad [2]$$

Onde:

T- Periodicidade de inundação

t- tempo de início da enchente na tabela de marés

50min= constante de atraso da ocorrência de inundação na costa.

Capítulo IV

Resultados

Os resultados do presente estudo apresentam-se em formato de tabela e gráfico. A classificação hidrológica da maré no campo de restauro é apresentada na tabela 3, como resultado desse estudo obteve-se vários resultados a respeito da condição hidrológica da maré no campo de restauro (bairro de Icidua 'C'). Para a inundação, registou-se um mínimo de 6 cm de inundação com uma área de 90% e um máximo de 45.2 cm com uma área de 100% inundação. Para que a área esteja inundada completamente a amplitude da maré deve ser maior ou igual a 4.8 m de acordo com a Tabela de Maré.

Determinação do tempo de inundação da maré no campo de restauro

É muito importante conhecer a duração da inundação e seca da área onde ocorre a floresta de mangal a restaurar.

Tabela 3. Classificação hidrológica da maré no campo de restauro no bairro de Icidua 'C'

Padrões Hidrológicos	Valor	Classe hidrológico	Classe vegetal
Média da duração da inundação [min/inundação]	152.1	3	2*
Média da duração da inundação (min/dia)	304.2	2*	2*
Frequência da inundação (n° de vezes/mês)	13	4	2*

A tabela 3 ilustra a classificação hidrológica da maré no campo de restauro no bairro de Icidua 'C'. Na tabela acima podemos observar a média da duração inundação em min/inundação, média da duração inundação em min/dia e a média da frequência da inundação dada por número de vezes / mês. Para a média da duração da inundação [min/inundação] é de 153.1 min e média da duração da inundação [min/dia] é de 304.2min. Para o tempo da duração da inundação observou-se um mínimo de 62 min inundada e um máximo de 194min com uma área de 100% inundação.

Periodicidade e frequência da inundação da maré no campo de restauro

A frequência da ocorrência da inundação da maré é apresentada pelo gráfico abaixo.

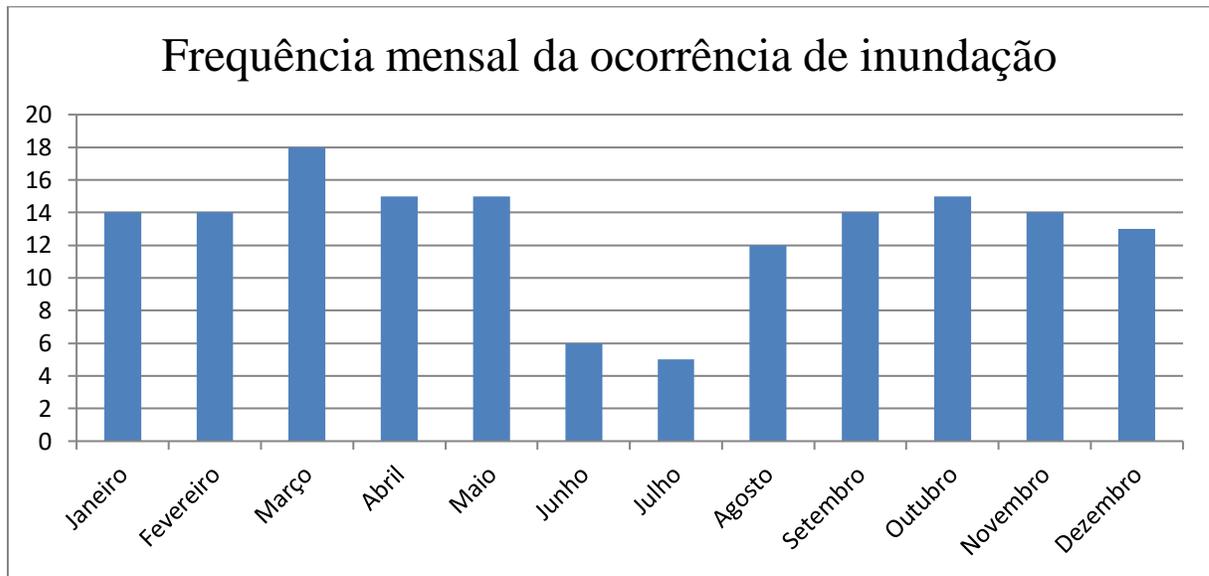


Gráfico 1. Variação da frequência da ocorrência da inundação por maré

O gráfico acima ilustra a variação da frequência da ocorrência da inundação por maré em função aos meses e, podemos observar que Março é o mês com maior frequência de inundação com 18 vezes/mês e 5 vezes/mês é o mínimo que é observado no mês de Julho. A média anual da frequência da ocorrência da inundação é de 13 vezes/mês.

Discussão

A classificação hidrológica final para o local de estudo é fornecida na Tabela 3 e comparada com a classe esperada com base na vegetação existente no local de estudo há uma divergência, isto é, no local de restauro foi identificado como a vegetação existente as *Avicennia spp* e segundo a classificação de Loon *et al* (2016) as *Avicennia spp* ocorrem na classe 2*, onde, essa classe tem uma classificação hidrológica de 50-100 para elevação [cm+MNM], 250-400 para a duração da inundação [min/dia] e 200-450 duração da inundação [min/inundação].

Determinação do tempo de inundação da maré no campo de restauro

Os resultados obtidos no local de estudo, quanto as condições hidrológicas observou-se que a duração da inundação min/inundação é de 152.1 e a duração da inundação min/dia é de 304.2. De acordo com Loon *et al* (2016) esses resultados criam uma divergência de classes na classificação hidrológica da maré. Para a duração da inundação min/inundação observada no local pertence a 3ª classe de acordo com a classificação de Watson, (1928) e, nessa classe Watson (1928) citado por MITADER (em preparo) afirma que, a inundação é através das marés altas-normais. A maioria das espécies próspera debaixo destas condições. Uma parte grande do ecossistema dos mangais entra esta classe que exhibe a biodiversidade mais alta dos mangais. Espécies comuns são: *Rhizophoras spp* (frequentemente dominante), *Ceriops tagal*, *Xylocarpus granatum* e *Lumnitzera racemosa*, o que vem contradizer com a vegetação existe no local. Classificando as condições hidrológicas da mare de acordo com a duração da inundação min/dia o resultado obtido no local de restauro mostra que duração da inundação min/dia pertence a 2* classe e de acodeo com Loon *et al* (2016) nesta classe pode ocorrer as *Avicennia spp*.

Periodicidade e frequência da inundação da maré no campo de restauro

A frequência da inundação do local em estudo varia de acordo com os meses visto que, há meses que a ocorrência de inundações é maior assim como menores vezes de ocorrência da inundação pode ser registrada. A média da frequência registrada na área de estudo é de 13 vezes/mês e, segundo a classificação de Watson (1928) essa frequência pertence a classe 4 e, nesta classe, a inundação só ocorre durante marés vivas. A área é geralmente considerada muito seca para as *Rhizophoras spp*, mais, pode estar poucos indivíduos desta espécie. As espécies comuns são: *Brugueira spp*, *Xylocarpus granatum* e *Lumnitzera racemosa* Watson (1928) citado por MITADER (em preparo).

De acordo com a vegetação identificada na área de estudo a frequência de inundação pertencente a essa classe é a classe 1 e classe 2. Classe 1, os mangais nesta classe são inundados por todas as marés altas. A espécie predominante neste ambiente é a *Rhizophora mucronata*. Esta espécie prefere áreas debaixo de maior influência de água doce. Podendo ser o pioneiro para *Avicennia marina* e *Sonneratia alba*. Segundo Watson (1928) a classe 2, os mangais nesta classe são inundados por todas as marés médio-altas. As espécies predominantes são as *Avicennia marina*, *Sonneratia alba* e *Rhizophora mucronata*. Comparando os resultados obtidos com as espécies existentes há uma divergência nas classes.

Definição das espécies apropriadas para o restauro no local

Para definir as espécies apropriadas para o restauro no local é necessário o conhecimento das condições hidrológicas da maré na área de em estudo. O conhecimento da frequência da ocorrência da inundação, duração da inundação min/dia e a duração da inundação min/inundação são uns dos factores importantes para o crescimento saudável das espécies a plantar.

De acordo com a frequência da ocorrência da inundação da área em estudo as espécies aconselhadas para o plantio são as *Brugueira spp*, *Xylocarpus granatum* e *Lumnitzera racemosa*, porque, nesta classe, a inundação só ocorre durante marés vivas. A área é geralmente considerada muito seca para as *Rhizophoras spp*, mais, pode estar poucos indivíduos desta espécie. As espécies comuns são: *Brugueira spp*, *Xylocarpus granatum* e *Lumnitzera racemosa*, Watson (1928) citado por MITADER (em preparo).

Baseando se na duração da inundação min/inundação as espécies recomendadas a serem plantadas no local são as *Rhizophoras sp*, *Ceriops tagal*, *Xylocarpus granatum* e *Lumnitzera racemos*, que pertence

a classe 3. Nesta classe, a inundaç o   atrav s das mar s altas-normais. A maioria das esp cies pr spera debaixo destas condi es. Uma parte grande do ecossistema dos magais entra esta classe que exibe a biodiversidade mais alta dos mangais. Esp cies comuns s o: *Rhizophoras spp* (frequentemente dominante), *Ceriops tagal*, *Xylocarpus granatum* e *Lumnitzera racemosa*.

Baseando se na dura o da inunda o min/dia, as esp cies recomendadas a serem plantadas no local devido ao comportamento da dura o da inunda o registada s o *Avicennia spp*, *Rhizophora spp*, *Brugueira spp* Loon *et al* (2016). Segundo Watson (1928) citado por MITADER (em preparo) a classe 2*, os mangais nesta classe s o inundados por todas as mar s m dio-altas. As esp cies predominantes s o as *Avicennia marina*, *Sonneratia alba* e *Rhizophora mucronata*.

Capítulo V

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos no estudo da avaliação das condições hidrológicas da maré (no bairro de Icidua C) pode-se concluir que:

- ✓ A duração da inundação min/dia observada na área é pertencente a classe 2* da tabela de classificativa hidrológica de Watson (1928) e Loon *et al* (2016);
- ✓ A duracao da inundacao min/inundacao observada na área em estudo é pertecente a classe 3 da tabela classificativa de Loon *et al* (2016) e Loon *et al* (2016);
- ✓ A frequencia observada na area em estudo ‘e pertecente a classe 4 da tabela classificativa hidrologia de Watson;
- ✓ A vegetacao recommentada a ser plantada no local são as *Rhizophora spp*, *Brugueira spp*, visto que estão nos padrões da classificação hidrológica do local.

Recomendações

Com o trabalho e conclusões obtidas, recomenda-se:

- Incluir dados do lençol freático para determinar e analisar os padrões hidrológicos;
- Incluir os dados de levantamento topográfico do local para analisar a influência da elevação na classificação hidrológica.

Bibliografia

- Portal Sao Francisco. (10 de 12 de 20015). Obtido em 12 de 10 de 2018, de www.portalsaofrancisco.com.br/geografia/mares
- Anjos, A. (2011). *Aplicação dos sistemas de informação geográfica e detecção remota no monitoramento do mangal: estudo de caso da Cidade da Beira*. Dissertação de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica, Universidade Católica de Moçambique.
- AYALA, L. (1999). *Impacto da Variação do Nível do Mar sobre os Manguezais no Quaternário*. Monografia, UDESC, Florianópolis.
- Benissene, V. M. (2002). Manual para interpretação das previsões sazonais. *INAM*, (p. 43pp). Beira.
- Buchir, L. M. (2013). *Análise da Influência de Mudanças Climáticas nas Precipitações*. Dissertação. Universidade Federal do Paraná., Departamento de Hidráulica e Saneamento, Sector de Tecnologia.
- Carvalho, D. F., & Da Silva, L. D. (2006). *Hidrologia*.
- Carvalho, D. F., Mello, J. P., & Silva, L. D. (2007). *Irregação e drenagem*.
- Cassiolato, C., & O.Alves, E. (s.d.). *MEDIÇÃO DE VAZÃO*.
- clima-date. (s.d.). pt.climate-date.org. Obtido em 28 de 10 de 2018, de Climate-date.org: www.google.co.mz/amp/s/pt.clima-date.org/africa/mocambique/zambezia/quelimane-3190/%3famp=true
- climate-Data. (05 de 10 de 2017). *climate-data*. Obtido de climate-Data: <https://pt.climate-data.org>
- Cordeiro, A. M. (1987). *O Clima de Moçambique*. Portugal: Coimbra.
- Google. (s.d.). *Google*. Obtido em Novembro de 2017, de goole.com.mz: www.google.com.mz/imagens
- Hoguana, A. M. (2007). *Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique*. Universidade Eduardo Mondlane, Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras, Quelimane, Moçambique.
- INC/FCCC. (1990). *CO*nvenções sobre mudanças do clima. *CO*nvenções sobre mudanças do clima.
- Júnior, A. R. (s.d.). Precipitacao. In A. R. Júnior, *Elementos da Hidrologia Aplicada* (pp. 32-52).

- Lacaturima, F. M. (2003). *Impactos da Precipitação nas cheias da bacia do Umbeluzi*. Obtenção de grau de licenciatura em metrologia, Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Ciências, Física, Maputo.
- Leestemaker, J. H., & Tauacale, F. P. (2000). *Revisão das Relevantes Literaturas sobre a Saúde do Rio Incomati e seu Estuário*. Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique.
- Lobo, J. (1999). *Contribuição para Variabilidade Climática em Moçambique, Influência do ENSO*. Tese de Licenciatura em Meteorologia, Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Ciências Departamento de Física.
- Loon AF Van, T. B. (2016). *Hydrological Classification, a Practical Tool for Mangrove Restoration* (e0150302 ed.). (N. K. Kumaran, Ed.) India: Agharkar Research Institute.
- Macamo, C., & Siteo, A. (2017). *GOVERNAÇÃO E GESTÃO DE MANGAIS EM MOÇAMBIQUE*. Relatório de Governação Ambiental 2016, Estudo e advocacia ambiental, Centro Terra Viva, Maputo.
- Max, P. (2016). *Matemática e suas Tecnologias*.
- MICOA. (2012). *Panfleto do mangal*. revisão.
- Milhano, A. P. (2008). CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO. In A. P. Milhano, *Gestão dos Recursos Hídricos em Moçambique : Gaza – Rio Limpopo* (p. 52).
- MITADER. (2015). *ESTRATÉGIA E PLANO DE ACÇÃO NACIONAL PARA RESTAURAÇÃO DE MANGAL 2015-2020*. Draft, Centro de Desenvolvimento Sustentável para as Zonas Costeiras, Moçambique.
- Muabsa, O. (2017). *Classificação Hidrológica para o Restauro do Mangal: caso Icidua-cidade de Quelimane*. Monografia de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane (ESCMC), Física, Quelimane.
- Noticias, J. (2014). Alerta de Inundações nos rios Incomate, Umbeluzi e Maputo. *Jornal noticia*.
- O'BRIEN, K., & VOGEL, C. (2003). *Coping with Climate Variability-The Use of Seasonal Climate Forecast in Southern Africa*. Tucson, AZ, USA,.

- OLIVEIRA, K. S. (2010). *Comportamento da Maré e das Correntes de Maré em um Sistema Estuarino utilizando o modelo Regional Ocean Modeling System (ROMS)*. Monografia, UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA, Vitória.
- PARKER, B. B. (1991). The relative importance of the various nonlinear mechanisms in a wide range of tidal interactions. In B. Parker, & J. W. Sons (Ed.), *Tidal hydrodynamics* (pp. 237-268). New York.
- Pena, R. A. (2005). *Brasil escola*. Obtido em 12 de 11 de 2017, de [brasilescola: m.brasilescola.oul.com.br](http://brasilescola.m.brasilescola.oul.com.br)
- Queface, A. (2009). *Abordagem geral sobre desastres naturais e mudanças climáticas sobre Moçambique*.
- Sitoe, C. T. (2015). *Análise da Sustentabilidade do Mangal no Âmbito da Construção de Infra-estruturas na Zona Costeira: Caso Costa do Sol*. Monografia, Universidade Eduardo Mondlane, Educação em Ciências Naturais e Matemática, Maputo.
- Tinga, S. O. (2013). *APLICAÇÃO DO MODELO DE APOIO A DECISÃO NA BACIA DO ZAMBEZE NA ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO*. Universidade Eduardo Mondlane, Mocambique.
- Tucci, C. E. (2002). *Regionalizacao da vaão*. Universidade/UFRGS, Porto alegre.
- Tucci, c., Porto, R. L., & Barros, M. d. (1995). *Drenagem Urbana*. Universidade - UFRGS / Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH. Brasil: PORTO, R. La L. & BARROS, M.T de, org.
- Villela, S. M., & Mattos, a. (1975). *Hidrologia Aplicada*. Ed. McGraw-Hill.

Anexos



Data	Início da inundação (h.min)	fim da inundação (h.min)	Area inundada (%)	altura da mare na area inundada (cm)	amplitude da mare (m)	1/2 da Inundação (min)	Duração da Inundação por ciclo de mare (min)
10/6/2018	13:05	15:13	90	6	4.2	127	254
10/7/2018	13:11	16:19	100	30	4.8	188	376
10/8/2018	13:52	17:06	100	45	5.2	192	384
10/9/2018	14:28	17:42	100	45.2	5.3	194	388
10/10/2018	15:07	18:07	100	41.8	5.3	180	360
10/11/2018	15:36	18:28	100	31	5.2	172	344
10/12/2018	16:28	18:59	100	21	5.1	151	302
10/13/2018	6:48	8:31	100	17	4.8	103	206
10/14/2018	6:59	8:01	30		4.4	62	124

Média da duração da inundação (min/dia)

304.222222
2

Média da Duração da inundação [min/inundação]

152.111111
1

Frequência da inundação (n° de vezes/ mês)

13

Frequência da inundação

Meses	Dias de inundação
Janeiro	14
Fevereiro	14
Março	18
Abril	15
Maio	15
Julho	6
julho	5
Agosto	12
Setembro	14
Outubro	15
Novembro	14
Dezembro	13
Média	13