



FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Impacto dos ciclones tropicais no comportamento das ondas na costa de Moçambique.

Milton Carlos Xavier Tchambule



FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
LICENCIATURA EM METEOROLOGIA

Trabalho de Exame de Estado para culminação do curso

**Impacto dos ciclones tropicais no comportamento das ondas
na costa de Moçambique.**

Milton Carlos Xavier Tchambule

E-mail: miltonchambule83@gmail.com

Maputo, Abril de 2024

RESUMO

Nas regiões tropicais e subtropicais, os ciclones tropicais representam os principais eventos meteorológicos extremos, gerando ventos muito fortes e alturas de ondas significativas acima de 10m. Tais sistemas são caracterizados por um campo de vento de vórtice translacional bem formado com um centro calmo e ventos que giram em direção ao centro da tempestade. A força dos ventos, a rápida mudança de direção e a translação do sistema representam desafios específicos para a compreensão da evolução das ondas de vento em tais sistemas e de desenvolver modelos apropriados de ondas de ciclones tropicais.

Nas áreas afectadas por Ciclones Tropicais (CT) em Moçambique, as tempestades provocam mais vítimas mortais do que qualquer outro perigo natural, sendo estas uma das principais causas de inundação costeira.

O trabalho que se apresenta permitiu aprofundar uma série de conhecimentos relativos à questão das marés adversas, muitas vezes esquecida, apesar de ser frequentemente noticiado nos principais meios de comunicação social, geralmente já em situações de desastres ou de grandes danos.

Com este trabalho pretende-se para além de explicar os danos causados pela elevação das marés e ondas devido a passagem de ciclones, pretende-se, de uma forma simples e objectiva, tentar, com base nos registos conhecidos, quantificar a sua grandeza. Hoje em dia, as tempestades e as inundações costeiras representam uma ameaça para 40 milhões de pessoas em todo o mundo e este número poderá aumentar para 150 milhões de pessoas até 2070 devido ao crescimento populacional e à subida do nível do mar.

Palavras-chave: Ciclone tropical, ondas, tempestades, Moçambique, impactos.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO	6
1. Objetivos	7
1.1. Objectivo geral.....	7
1.1.1 Objectivos específicos	7
1.2. Metodologia	7
CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2. Revisão bibliográfica	8
2.1. Ciclones tropicas (CT)	8
2.2. Descrição da costa de Moçambique.....	9
2.3. CTs e marés meteorológicas ou de tempestade	10
2.3.1. Conceito de maré meteorológica	10
2.3.2. Características da maré meteorológica	11
2.3.3. Marés meteorológicas positivas e negativas	12
2.3.4. CT e maré meteorológica.....	12
2.4. Impactos das marés de CTs para a costa de Moçambique.....	13
2.4.1. O ciclone Idai	14
2.4.2. Ciclone Kenneth.....	15
2.5. Elementos do CT que afectam a maré meteorológica	15
2.5.1. Intensidade do ciclone.....	16
2.5.2. Raio do vento máximo	16
2.5.3. Movimento de translação do ciclone	16
2.5.4. Ângulo entre a trajetória do sistema e linha de costa.....	17
CAPÍTULO III: CONCLUSÕES	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

Lista de abreviaturas

INGC	Instituto Nacional de Gestão de Calamidades
CT	Ciclone Tropical
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
HS	Hemisfério Sul
HN	Hemisfério Norte
WMO	World Meteorology Organization
PN	Parque Nacional
DIROI	Direction Interregionale de Meteo-France pour l’Ocean Indien

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

Os ciclones tropicais são sistemas climáticos tropicais que representam grande perigo como: ventos fortes, tempestades, ondas provocadas pelo vento, fortes chuvas e relâmpagos. Muitos dos danos e vítimas estão relacionados com as inundações. A caracterização e previsão precisas dos níveis totais de água durante tempestades extremas são necessárias para minimizar os impactos costeiros. Moçambique é afectado por ciclones tropicais que se formam na bacia do Oceano Índico (Bié, 2017). Esta bacia por si só é responsável por 10% dos ciclones produzidos no mundo, por este motivo, (“Direção Nacional de Gestão Ambiental”, 2005) em concordância com Needham (2015), refere que, Moçambique regista em média a ocorrência de um ciclone e três a quatro eventos de depressões tropicais, 3 a 12 ciclones formam-se no canal de Moçambique (Mavume et al, 2009; Charrua et al, 2021) e na bacia do oceano índico são formados em média por ano 9 ciclones no total. Grande parte desses sistemas tem gênese sobre a região da bacia preferencialmente entre os meses de Novembro a Abril com picos entre os meses de Janeiro e Março, que são os meses mais chuvosos em Moçambique particularmente, associados aos elevados valores de TSM durante este período (Mavume et al., 2009) e ao posicionamento mais ao sul da ZCIT.

O aumento do nível médio do mar e um aumento provável da intensidade e/ou frequência de ciclones tropicais, associados a alterações climáticas de origem, principalmente antropogénica, podem aumentar os picos médios de ondas e marés ao longo da costa.

Enquanto as marés meteorológicas são conhecidas por influenciarem níveis de água e por produzirem consequências severas, o seu impacto durante um ciclone tropical não recebe a devida atenção. No que diz respeito à vulnerabilidade e aos desastres naturais, Moçambique ocupa o 44º lugar num ranking de 171 países, com 70,89% de vulnerabilidade e um Índice de Risco Mundial de 9,03% (Aramuge, 2016). O país está localizado em rota potencialmente susceptível a CTs que eventualmente causam tempestades quando atingem a costa, susceptibilidade esta que agrava problemas como a pobreza (Aramuge, 2016).

Este estudo mostra a relação entre as marés meteorológicas e ondas que ocorrem durante ciclones tropicais, avaliando o impacto dos CTs na formação de ondas e marés extremas ao longo da costa de Moçambique.

1. Objetivos

1.1. Objectivo geral

- Estudar o impacto dos ciclones tropicais no comportamento das ondas na costa de Moçambique.

1.1.1 Objetivos específicos

- Identificar eventos de ciclones associados com ondas/marés extremas em Moçambique;
- Explorar com base na literatura os elementos dos ciclones que poderão ter influenciado a ocorrência dessas ondas/marés extremas.

1.2. Metodologia

Este estudo foi feito com base na coleção de informações existentes de estudos outrora feitos relacionados com ciclones tropicais, ondas e marés.

- Coleta de informações de relatórios, artigos científicos e outros documentos existentes;
- Estudo documental.

CAPITULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. Revisão bibliográfica

2.1. Ciclones tropicas (CT)

Os ciclones são circulações fechadas de escala sinótica caracterizadas por rotação horária no HS e anti-horária no HN com convecção organizada e persistente em superfície (Jarvinen et al, 1984, citado em Cavalcante, 2018); por bandas de nuvens em formato espiral, circundando uma região central bem definida, livre de nuvens e com vento calmo denominada de núcleo ou olho do ciclone que é a região mais calma do ciclone.

Os CTs são caracterizados por intensos gradientes de pressão, ventos muito fortes, convecção profunda e precipitação intensa. Ocorrem, geralmente nos meses de verão, em regiões oceânicas tropicais e subtropicais onde a temperatura da superfície do mar (TSM) excede os 26°C, geralmente, e acima dos 5° em relação ao equador, região que permite a influência da força de Coriolis para que haja rotação do sistema. Formam-se a partir de um distúrbio tropical pré-existente que muitas vezes é desprendido de áreas de baixa pressão associadas à ZCTI ou ao cavado de monção (Bié, 2017).

Para que o ciclone tropical se desenvolva, outras condições dinâmicas e termodinâmicas são necessárias. Essas condições incluem:

- Altos valores de vorticidade relativa na baixa troposfera;
- Fraco cisalhamento vertical do vento;
- Elevados valores de humidade relativa em baixos e médios níveis da troposfera;
- Instabilidade condicional em uma camada atmosférica profunda;
- Camada de mistura oceânica relativamente profunda.

Segundo Souto (2021), A grande diferença de pressão atmosférica, que pode atingir até 890hPa no centro do ciclone, entre o centro do ciclone e suas vizinhanças, ou força de gradiente de pressão, gera fortes ventos, que podem ultrapassar os 250 km/h em ciclones de categoria 5 na escala de Saffir-Simpson. Os ciclones tropicais ocorrem, geralmente nos meses de verão, em regiões

oceânicas tropicais e subtropicais onde a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) excede os 26°C e geralmente acima dos 5° em relação equador.

Devido ao seu poder destrutivo, os ciclones tropicais são, sem dúvida, um dos sistemas meteorológicos mais memoráveis ocorrentes nas regiões tropicais; a maior destruição associada a estes sistemas é decorrente de três fenômenos principais: os ventos fortes, a precipitação intensa e as inundações associadas às marés meteorológicas (Bié, 2017).

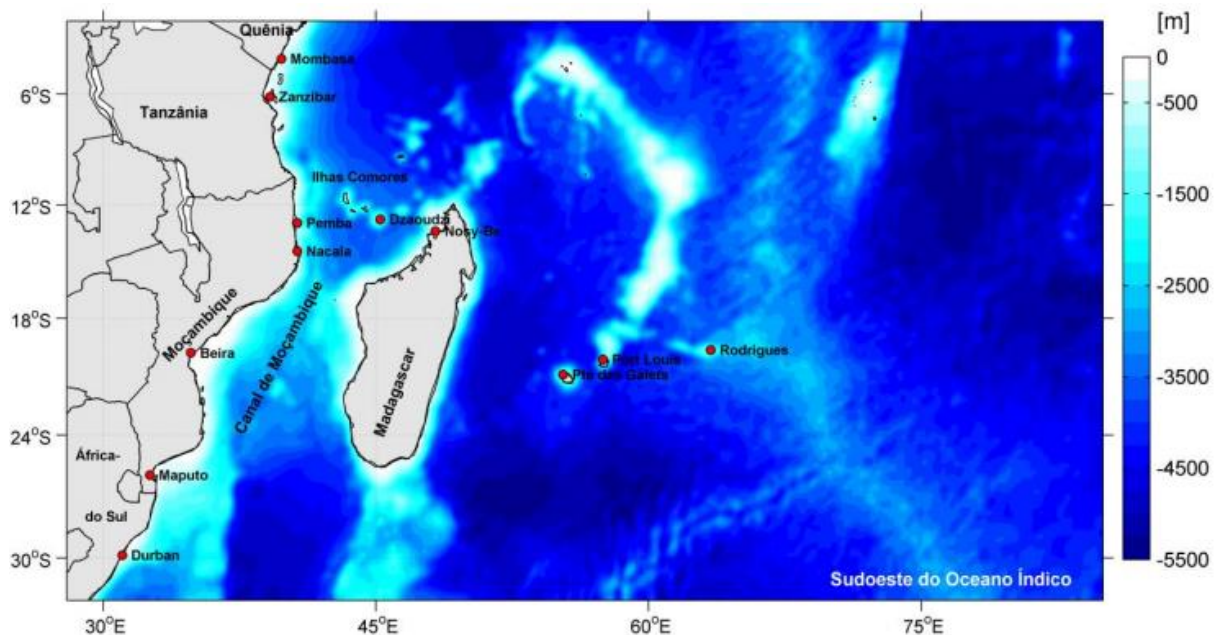
2.2. Descrição da costa de Moçambique

Moçambique é um país localizado na costa sudeste de África, entre as latitudes 10°27' S e 26°52' S de latitude e 30 12' E e 40 51' E de longitude (Sete et al., 2001), possui a terceira maior linha de costa do continente, com cerca de 2700 km de extensão e uma extensa plataforma continental principalmente em sua região central (Hoguane, 2007). A costa de Moçambique constitui o limite oeste do Canal de Moçambique que também é limitado a leste pela costa oeste de Madagascar.

O Canal de Moçambique, região por onde passam ou são formados os ciclones que atingem a costa, se estende por cerca de 1600 km de comprimento entre as latitudes 12°S e 26°S, e sua largura varia entre 420 a 1000 km; é limitado ao norte pelas Ilhas Comores e ao sul está conectado ao sistema da Corrente das Agulhas. A parte mais estreita do Canal (entre 16°S e 18°S) é também a menos profunda, onde a profundidade máxima é de aproximadamente de 2800 m. Ao norte do Canal, a profundidade máxima é de 3600 m e situa-se na Bacia de Comores,

Figura 2

Mapa da região costeira de Moçambique e profundidades associadas. (Bié, 2017)



Nota: o mapa mostra a região costeira de Moçambique e de países vizinhos como Tanzânia, África do Sul e Madagáscar a direita. A cor cinza representa terreno; regiões brancas representam a costa; regiões a azul-claro representam regiões com profundidade baixa, azul médio e escuro representam regiões médias e muito profundas.

Os terrenos abaixo de 50 m de altura ocupam a maior parte da costa e se estendem por várias dezenas de quilómetros para o interior. Estas características são de grande preocupação em relação a subida do nível do mar, particularmente se estiverem associadas a tempestades (Aramuge, 2016) ou ciclones.

2.3. CTs e marés meteorológicas ou de tempestade

2.3.1. Conceito de maré meteorológica

Maré meteorológica é a elevação anormal do nível de água muito acima da maré astronómica prevista causada por alguma perturbação atmosférica extrema com períodos que variam de algumas horas a poucos dias, geralmente, sistemas de baixa pressão como ciclones tropicais e

extratropicais (WMO, 2012), Almeida (2008), acrescenta que estas marés são causadas também pela variação da magnitude e direção dos ventos, causando assim níveis mais baixos ou mais altos que os previstos.

2.3.2. Características da maré meteorológica

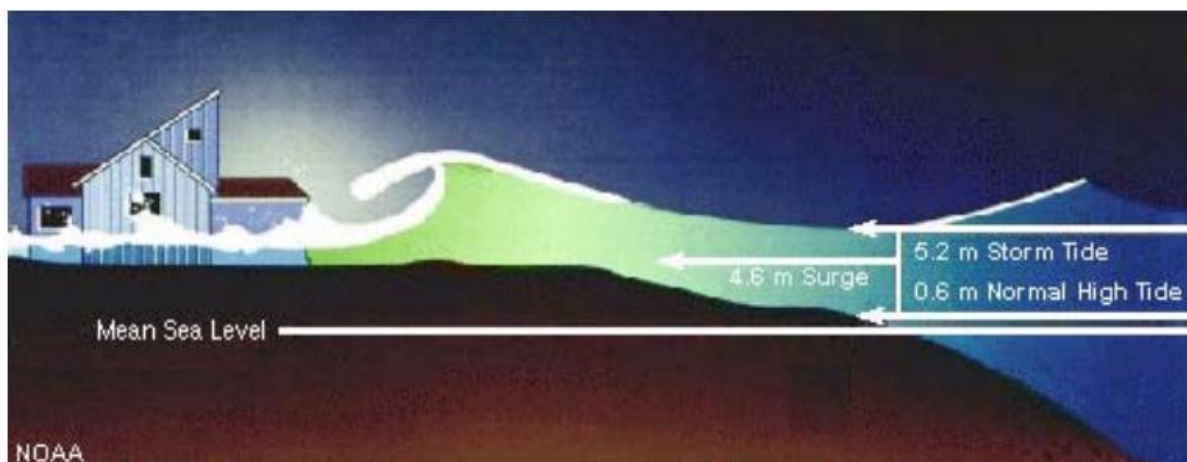
Uma maré meteorológica pode atingir 80 a 160 quilómetros de largura próximo à costa no momento em que um ciclone atinge a costa. Pode ter mais de 4,5 metros de profundidade durante o pico e embora as ondas possam ser relativamente baixas em mar aberto, ganham altura à medida que se aproximam da costa.

As ondas de tempestade são agravadas pela maré alta. É um fenómeno importante e relevante devido à sua influência sobre a navegação, pesca, contribuição para processos de erosão costeira, de acordo com Almeida (2008), e principalmente por ser a causa de fatalidades quando associado a algum fenómeno meteorológico como tempestades ou ciclones tropicais ao atingir a costa.

Ao longo da costa moçambicana as marés são do tipo semi-diurnas, com alturas variáveis ao longo da costa e uma desigualdade diurna que varia entre 0,10 e 0,40 m. As maiores alturas ocorrem ao longo do Banco de Sofala, variando de cerca de 60 cm em marés de quadratura podendo atingir até 7,30 m em situações de maré de sizígia.

Figura 3

Modelo do conceito de uma maré meteorológica



Em regiões costeiras, as marés meteorológicas são responsáveis pelas sobre-elevações (ou sub-elevações) do nível médio do mar ocasionando níveis de água acima (ou abaixo) da maré astronómica prevista.

2.3.3. Marés meteorológicas positivas e negativas

As sobre-elevações no nível do mar (marés meteorológicas positivas), superpostas às elevações de maré astronómica e altos níveis de drenagem fluvial e/ou pluvial continental, podem ser responsáveis pelo avanço das águas do mar em áreas normalmente não alcançadas possibilitando assim massivas inundações costeiras. Por outro lado, as sub-elevações no nível do mar (marés meteorológicas negativas) podem dificultar atividades portuárias como o manuseio de navios de grande porte, causando prejuízos sócio-económicos.

De acordo com Aramuge (2016), o aumento da temperatura da superfície intensifica a atividade dos ciclones e aumenta as tempestades. Estas vagas criam, por sua vez, condições de inundação mais prejudiciais nas zonas costeiras e nas zonas baixas adjacentes. O impacto destrutivo é geralmente maior quando as tempestades são acompanhadas por ventos fortes e grandes ondas em terra.

2.3.4. CT e maré meteorológica

Globalmente as marés meteorológicas são a maior e mais mortal ameaça causada por ciclones tropicais ("Tropical Cyclones", 2009). Um dos maiores desastres naturais da história associado à um ciclone tropical ocorreu na Baía de Bengala em novembro de 1970, cuja maré meteorológica causou uma inundação costeira responsável pela perda de cerca de 300.000 vidas humanas ("Tropical Cyclones", 2009), caso do ciclone tropical Eline em fevereiro de 2000 que causou a morte de cerca de 700 pessoas, o ciclone Idai em 2019 que culminou com a morte de 602 pessoas, 1641 feridas e mais de 1 milhão necessitavam de assistência ("Moçambique Ciclone Idai", 2019) e mais de 2 milhões foram afetadas por inundações na região costeira central de Moçambique. A magnitude da maré meteorológica, em um determinado local, depende de parâmetros meteorológicos associados ao CT e das características físicas das áreas costeiras.

Figura 4

Efeitos das mudanças climáticas e suas interações

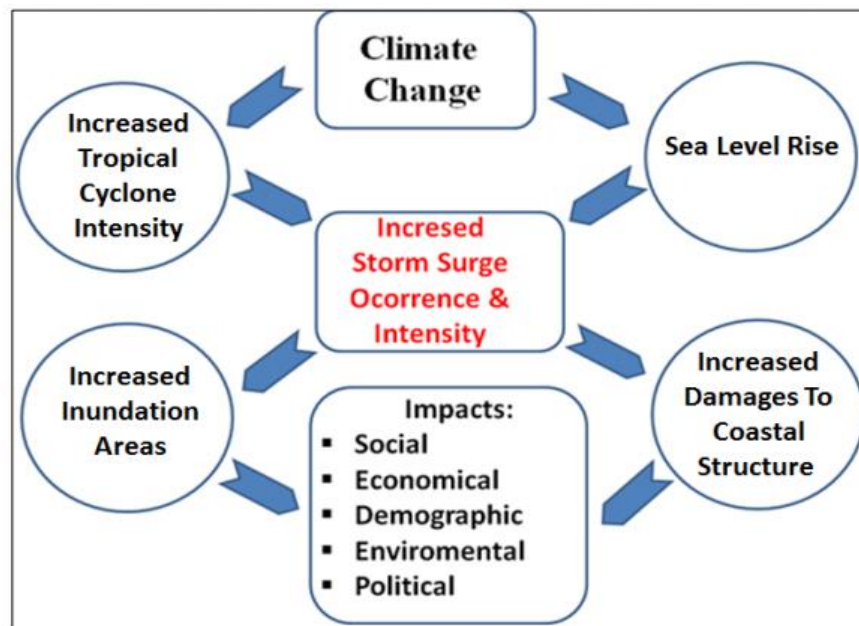


Diagrama da relação entre as mudanças climáticas e intensificação de marés meteorológicas com factores sócio-económicos e ambientais.

2.4. Impactos das marés de CTs para a costa de Moçambique

Segundo Maueua et al. (2007), existem 3 tipos de cheias: cheias planas, cheias rápidas e cheias costeiras. Neste tópico iremos nos concentrar nas cheias do tipo costeiras.

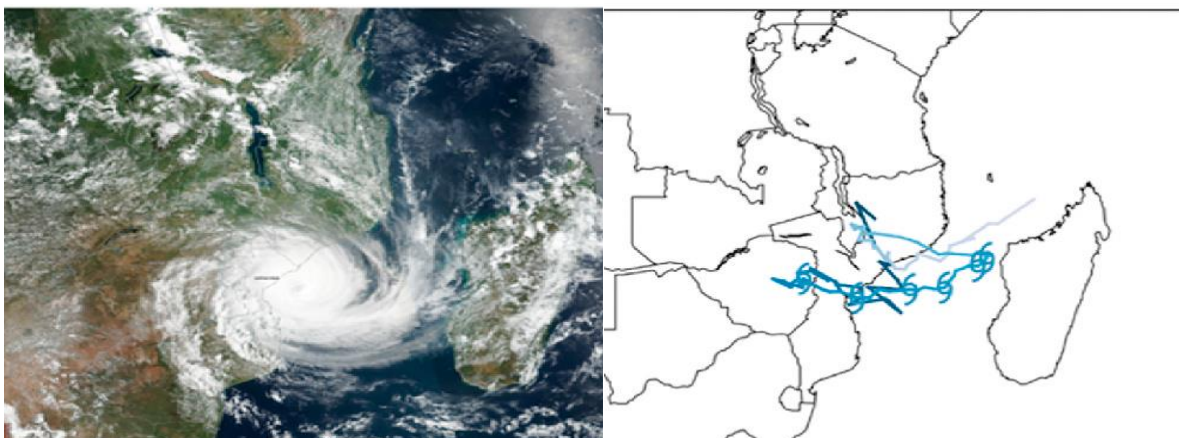
As cheias costeiras são associadas a eventos atmosféricos (ciclones) e oceânicos (ondas de superfície) ao longo da zona costeira. Normalmente, os ciclones tropicais que atingem a costa moçambicana são acompanhados de precipitação intensa que tem resultado em cheias, e o exemplo mais recente são as cheias do ano 2000 que resultaram da ocorrência dos ciclones tropicais *Eline*, *Glória* e *Idai* em 2019, que afectaram as províncias de Sofala, Manica, Tete e Zambézia, em Março de 2019 e Ciclone *Kenneth* que afectou as Províncias de Cabo Delgado e Nampula no Norte de Moçambique.

2.4.1. O ciclone Idai

O Ciclone Idai teve um impacto severo sobre o meio ambiente, devido a grande magnitude dos danos às infra-estruturas de protecção costeira, áreas protegidas, florestas, mangais, terras húmidas, a erosão e detritos e danificação das infra-estruturas de gestão de resíduos na Beira.

Figura 5

Vista aérea do ciclone Idai e trajectória



A esquerda uma imagem satélite do ciclone Idai no momento em que chegava a costa da Beira. A direita a trajectória do ciclone.

A área atingida pelo ciclone Idai é de importância ecológica e da biodiversidade significativamente alta devido aos seus ecossistemas e habitats variados e ameaçados, como o Delta do Rio Zambeze, que inclui vastas áreas de mangais e terras húmidas; bosques e florestas de Miombo e os últimos trechos remanescentes de florestas de montanha. A área alberga parques nacionais emblemáticos, como o PN da Gorongosa, a Reserva de Marromeu e os seus blocos adjacentes de coutadas de caça, a Reserva de Chimanimani, a Reserva de Gilé, as Ilhas Primeiras e Segundas, e sete reservas florestais.

O ciclone provocou impactos graves ao meio ambiente costeiro das províncias de Sofala e Zambézia e, em certa medida, à parte do norte de Inhambane. O impacto incluiu a destruição de infra-estruturas de protecção costeira, tais como: paredes de retenção, paredes de protecção a queda de árvores, o colapso de calçadas entre outros danos, bem como a degradação dos ecossistemas, dunas e mangais da Beira. O ciclone Idai atingiu a costa na cidade da Beira no dia 15 de Março,

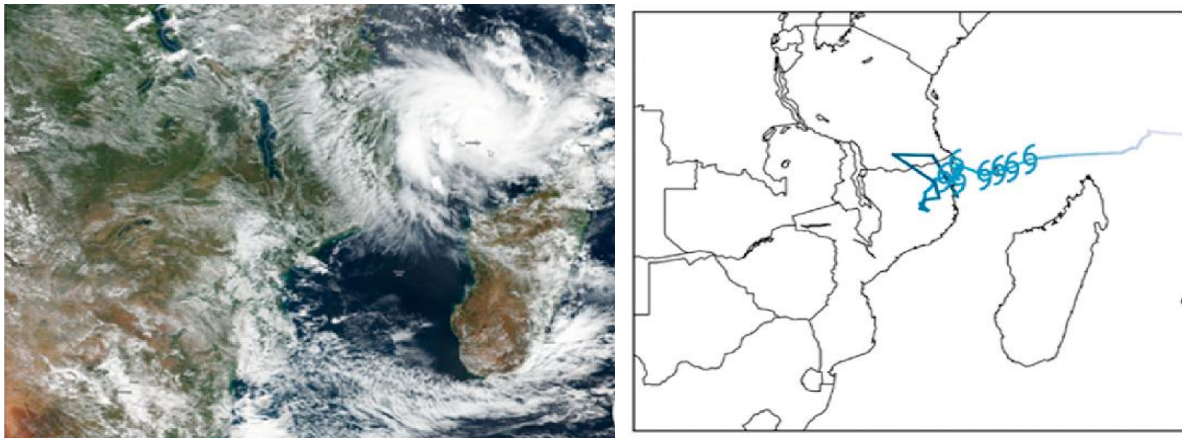
com ventos de até 165km/h e uma maré meteorológica de aproximadamente 4,5m que combinada com precipitação intensa, levou a inundações severas.

2.4.2. Ciclone Kenneth

Este ciclone formou-se no dia 23 de abril de 2019, a norte de Madagáscar e oeste de Moçambique e atingiu a costa em 25 de abril afectando principalmente a província de cabo delgado, causando inundações e destruição (Emerton et al, 2020). Foi o pior ciclone que atingiu Moçambique na época moderna, tendo chegado logo depois do Idai. Foi um sistema muito perigoso que impactou severamente regiões do norte de Pemba. O sistema gerou ondas por volta de 3 a 5m em algumas regiões a sul do *landfall*, que levaram a inundações costeiras na cidade de pemba e arredores (“DIROI”, 2019).

Figura 6

Ilustração de satélite e trajectória do ciclone Kenneth



A esquerda uma imagem satélite do ciclone Kenneth quando chegava a costa de Pemba. A direita a trajectória do ciclone Kenneth.

2.5. Elementos do CT que afectam a maré meteorológica

Os fatores meteorológicos que afetam a altura da maré meteorológica incluem: a intensidade do ciclone; o raio do vento máximo; a velocidade de translação do ciclone e o ângulo entre a trajetória do sistema e linha de costa. Por sua vez, as características físicas locais incluem basicamente, a configuração da linha de costa e largura da plataforma continental (Bié, 2017).

2.5.1. Intensidade do ciclone

Segundo dados da WMO (2012), A intensidade do ciclone é definida pela magnitude do vento e pela redução da pressão no centro do sistema e estes dois parâmetros estão diretamente ligados. Na maior parte dos casos, o vento é responsável pela geração da maior parte da elevação associada a maré meteorológica sendo a pressão responsável por cerca de 10 a 15%. Porém algumas regiões possuem características peculiares, onde a pressão atmosférica, através do efeito do barômetro invertido, chega a superar a contribuição do vento, sendo responsável por mais de 50% da elevação da maré meteorológica.

2.5.2. Raio do vento máximo

Outra característica associada diretamente com o impacto do ciclone é o raio do vento máximo, que é definido como sendo a distância radial entre o centro do ciclone até ao local onde os ventos máximos ocorrem; este parâmetro está também relacionado ao diâmetro do ciclone. Ciclones com diâmetros maiores tendem a produzir elevações de marés meteorológicas maiores por vezes superando os ciclones mais intensos, porém, este fator está sujeito ao efeito do barômetro invertido dependendo do local e das condições presentes e/ou associadas.

2.5.3. Movimento de translação do ciclone

Com relação à translação do ciclone, vários trabalhos mostraram que, de modo geral, quanto menor a velocidade de deslocamento do ciclone, maior é a elevação da maré meteorológica, uma vez que o sistema permanece mais tempo sobre a mesma área oceânica permitindo maior transferência de energia da atmosfera para o oceano e, consequentemente, induzindo maior transporte e acúmulo de massa ao longo da plataforma, acúmulo esse, que tende a ser maior em plataformas continentais largas e rasas onde a fricção com o fundo torna-se importante (Bié, 2017).

2.5.4. Ângulo entre a trajetória do sistema e linha de costa

O ângulo pelo qual o ciclone se aproxima da costa é também um facto a se tomar em conta ao se considerar seu deslocamento. As elevações tendem a ser maiores quando o ciclone atinge a região costeira em uma trajetória perpendicular à orientação da costa, principalmente, se a linha de costa apresentar um formato convergente, como baías, golfos e canais que favorecem a conservação de água numa região fixa ou aprisionamento; por outro lado, ciclones com trajetórias paralelas à linha de costa tendem a produzir amplitudes menores porém abrangendo áreas mais extensas (Needham & Keim, 2011), pois muitas vezes a elevação associada à maré meteorológica tende a se propagar ao longo da costa como uma onda forçada acompanhando o ciclone.

Deste modo, as casualidades e destruições relacionadas às marés meteorológicas podem ser mitigadas se o fenómeno for previsto com certa antecedência, melhorando o sistema de aviso prévio e com isso possibilitar a evacuação das populações em áreas de risco. A engenharia costeira constitui outra importante área de aplicação na qual informações de longo período sobre marés meteorológicas, e níveis de água totais de modo geral, são necessárias para quantificar o risco associado a eventos extremos, para propósitos de dimensionamento de estruturas de proteção costeira.

CAPÍTULO III: CONCLUSÕES

Durante a elaboração deste trabalho, vários assuntos ligados directamente com eventos de ciclone ligados a marés e/ou ondas extremas em Moçambique foram abordados, sendo um país muito vulnerável a fenómenos de origem atmosférica e oceânica, problemas como inundações costeiras não deixarão de ser um problema para as populações do país. Foram apresentados dois casos particulares, o caso do ciclone Idai e o ciclone Kenneth. Estes dois foram escolhidos por terem sido fenómenos que despertaram curiosidade em meteorologistas e climatologistas por terem se formado depois do período habitual de ciclones no país e por terem tido um poder destrutivo acima das previsões, tendo se tornado os ciclones mais destrutivos da história do país desde o ciclone Eline em 2000. Os dois ciclones criaram elevações do nível do mar, o que causou ondas entre 3 a 5m de altura, levando à inundações costeiras nas regiões de *landfall*; destruição de mangais, culturas, ecossistemas, vedações e aumentando os níveis de erosão costeira principalmente na cidade da Beira pelo ciclone Idai.

Os ciclones têm relação directa com a formação de marés meteorológicas sempre que presentes, pois influenciam a circulação das ondas superficiais devido a influência da magnitude dos ventos; este fator intensifica-se quando a maré é alta pois as ondas poderão atingir valores de altura ainda maiores levando a sobre-elevação do nível do mar e a possíveis inundações costeiras e massivas. Durante o trabalho foram mencionados alguns factores ligados aos efeitos que um ciclone tropical pode ter sobre o mar para que se criem ondas ou marés extremas como: intensidade do ciclone, raio do vento máximo, movimento de translação do ciclone e o ângulo entre a trajetória do sistema e a linha de costa. Estes 4 factores influenciam a ação da tempestade e podem criar inundações costeiras graves dependendo da intensidade do ciclone.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. d. (2008). *Quantificacao do Efeito das Mares Meteorologicas na Costa Oeste Portuguesa*. Porto.
- Aramuge, F. A. (2016). *Alteração da Sobrelevação do Nível do Mar ao Longo da Costa de Moçambique, para Cenários Climáticos Futuros*. Aveiro.
- Bié, A. J. (2017). *Estudo numérico de marés meteorológicas na costa de Moçambique*. Sao Paulo.
- Cavalcante, L. C. (2018). *Influencia dos ciclones tropicais na formacao dos fenomenos adversos no nordeste brasileiro entre 2013 e 2015*. Maceio.
- Charrua, A. B., Padmanaban, R., Cabral, P., Bandeira, S., & Romeiras, M. M. (2021). Impacts of the Tropical Cyclone Idai in Mozambique: A Multi-Temporal Landsat Satellite Imagery Analysis. *Remote Sensing*.
- Chauque, A. J. (2019). *Análise da influência do ciclone Idai sobre a circulação das correntes, temperatura superficial*. Quelimane.
- Direction Interrgionable de Météo-France pour l'Océan Indien (DIROI). *Tropical Cyclone Forecast Warning (South-west Indian ocean)*. 2019. La Reunion.
- Emerton, R., Cloke, H., Ficchi, A., Hawker, L., Wit, S., Speight, L... Stephens, E. (2020). *Emergency flood bulletins for Cyclones Idai and Kenneth: A critical evaluation of the use of global flood forecasts for international humanitarian preparedness and response*. United Kingdom.
- Hoguane, A. M. *Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique*. 2007. Quelimane.
- Mavume, A. F., Rydberg, L., Rouault, M., & Lutjeharms, J. R. (2009). Maputo.
- Matavele, Anselmo R. *Proposta de um modelo de alerta de inundações baseado em Internet of Things (IoT) na região do rio Movenene no distrito de Boane*. 2023. Maputo.

Moçambique Ciclone Idai (2019). *Avaliação das Necessidades Pós Desastre após o ciclone tropical IDAI (PDNA)*.

Needham, H. F. (2015). A review of tropical cyclone-generated storm surges: Global data sources, observations and impacts. *AGU Publications*, 573-581.

Sete, C., Ruby, J., Dove, V. (2002). *Seasonal variation of tides, currents, salinity and temperature along the coast of Mozambique*. Maputo.

Souto, M. P. (2021). *Ciclones tropicais e sua influencia na navegacao aerea no atlantico norte*. Palhoca.

Tropical Cyclones. (2009). Em *Introduction to Tropical Meteorology* (pp. 164-165).

World Meteorology Organization. Statement on the status of the global climate in 2011. 2012.