



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para Obtenção do Grau de licenciatura em Biologia Marinha

Influência das variáveis climáticas na pesca artesanal na Baía de Pemba.

Autora:

Fernanda De Sousa Cadeado

Quelimane, Abril de 2025



ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS
Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Biologia Marinha

Influência das variáveis climáticas na pesca artesanal na Baía de Pemba.

Autor:

Fernanda de S. Cadeado
(Fernanda De Sousa Cadeado)

Presidente

B. Bene Magestade
(Mestre Banão Bene Magestade)

Supervisor

H. Machaieie
(Prof. Doutor Hélder A. Machaieie)

Avaliador

H. Mabote
(Mestre Humberto Silvestre Mabote)

Co-Supervisor

G. Vilanculo
(Lic. Gerson D. De Jesus Vilanculo)

Declaração de honra

Eu, Fernanda de Sousa Cadeado, declaro por minha honra que esta monografia intitulada **Influência das variáveis climáticas na pesca artesanal na cidade de Pemba** é da minha autoria e que nunca foi usada para mesmo fim ou outros, é submetida pela primeira vez para a obtenção de grau de Licenciatura nesta Universidade Eduardo Mondlane, Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras- ESCMC-Quelimane.

Assinatura

(Fernanda Cadeado)

____/____/____

Resumo

A pesca artesanal ao longo da costa norte de Moçambique desempenha um papel crítico nos meios de subsistência locais e na segurança alimentar, mas é altamente influenciada pela variabilidade ambiental. Este estudo avalia as relações entre as principais variáveis ambientais - precipitação, temperatura da superfície do mar (TSM) e concentração de clorofila-a - e as capturas de peixe artesanal (CPUE), ao mesmo tempo que identifica os tempos de atraso e as tendências ao longo do tempo. Os dados de CPUE foram obtidos do Instituto Oceanográfico de Moçambique (INOM), os dados de precipitação do Climate Hazards Center (CHIRPS-2.0), e os dados de TSM e clorofila-a do Ocean Biology Processing Group da NASA. Foram efectuadas análises de variabilidade interanual e de tendência e análises de correlação para determinar as associações entre as variáveis ambientais variáveis e a abundância de pescado. Os resultados revelaram correlações positivas significativas entre a CPUE e as variáveis ambientais, com tempos de desfasamento distintos: um ano para a precipitação e a TSM, e dois anos para a clorofila-a. A precipitação desempenha um papel fundamental no fornecimento de nutrientes às águas costeiras, estimulando a produção primária e apoiando o crescimento da população de peixes. No entanto, a tendência para o declínio da precipitação suscita preocupações quanto à redução dos fluxos de nutrientes e aos potenciais impactos na produtividade das pescas. A TSM mostrou uma forte correlação positiva com a CPUE, sugerindo que águas mais quentes aumentam o crescimento e o recrutamento de peixes, embora um aquecimento prolongado possa representar riscos para a estabilidade do ecossistema. A clorofila-a, como indicador da produção primária, apresentou a correlação mais forte com a CPUE, destacando o papel da biomassa de fitoplâncton no apoio aos níveis tróficos superiores, apesar da sua influência tardia ao longo de dois anos. Em conclusão, este estudo destaca as relações complexas e com atraso de tempo entre as variáveis ambientais e a abundância de peixes, enfatizando a necessidade de abordagens integradas de gestão da pesca. As estratégias devem incluir a monitorização dos afluxos de água doce, da variabilidade térmica e da produção primária para sustentar a pesca artesanal num contexto de alterações climáticas.

Palavras-chave: Pesca artesanal, variáveis ambientais, CPUE, precipitação, TSM, clorofila-a, Pemba, costa de Moçambique.

Abstract

Artisanal fisheries along the northern Mozambique coast play a critical role in local livelihoods and food security, yet they are highly influenced by environmental variability. This study assesses the relationships between key environmental variables—precipitation, sea surface temperature (SST), and chlorophyll-a concentration—and artisanal fish catches (CPUE), while identifying lag times and trends over time. CPUE data were obtained from the Oceanographic Institute of Mozambique (INOM), rainfall data from the Climate Hazards Center (CHIRPS-2.0), and SST and chlorophyll-a data from the NASA Ocean Biology Processing Group. Interannual variability, trend analysis and correlation analyses were conducted to determine the associations between these variables and fish abundance. The results revealed significant positive correlations between CPUE and environmental variables, with distinct lag times: one year for precipitation and SST, and two years for chlorophyll-a. Precipitation plays a key role in delivering nutrients to coastal waters, stimulating primary production and supporting fish population growth. However, a declining trend in precipitation raises concerns about reduced nutrient fluxes and potential impacts on fisheries productivity. SST showed a strong positive correlation with CPUE, suggesting that warmer waters enhance fish growth and recruitment, although prolonged warming could pose risks to ecosystem stability. Chlorophyll-a, as a proxy for primary production, exhibited the strongest correlation with CPUE, highlighting the role of phytoplankton biomass in supporting higher trophic levels, despite its delayed influence over two years. The observed lag times underscore the importance of understanding delayed ecological responses when managing artisanal fisheries. In conclusion, this study highlights the complex and time-lagged relationships between environmental variables and fish abundance, emphasizing the need for integrated fisheries management approaches. Strategies should include monitoring freshwater inflows, thermal variability, and primary production to sustain artisanal fisheries amidst changing climatic conditions.

Keywords: artisanal fisheries, environmental variables, CPUE, precipitation, SST, chlorophyll-a, Mozambique coast.

Dedicatória

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais Chico António Sousa Cadeado e Beatriz Caetano Cadeado, meus irmãos Inocêncio Cadeado, Telma Cadeado e Cristóvão Cadeado por todo apoio, confiança e carinho que depositaram em mim durante a realização dos meus sonhos e ao longo da vida. E a mim mesma pelo esforço e por ter acreditado que sempre seria possível obter o grau de licenciatura.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida, força, motivação e por colocar pessoas incríveis na minha vida que ajudaram-me a superar os obstáculos. Agradeço!

Agradeço ao Dr. Helder Machaieie e ao Gerson Vilanculo pela supervisão de todo trabalho realizado e pela paciência na realização do mesmo.

Agradeço aos meus pais Chico António Sousa Cadeado e Beatriz Caetano Cadeado pelo apoio financeiro e a abdicação dos seus sonhos pra realizar o meu, aos meus irmãos Inocêncio Cadeado, Telma Cadeado e Cristóvão Cadeado e ao meu marido Edson Mucavel pelo amor, carinho, atenção e pelo suporte.

Um agradecimento especial a minha amiga Fernanda Barroso e ao seu esposo Abdul Almeida que receberam-me, acolheram-me e cuidaram-me como uma irmã quando cheguei a Quelimane.

Agradeço aos meus amigos Vanda Chico, Serafina Nhantumbo, Lucinda Timane, Jeremias Dombole, José Chivite pela amizade, suporte e pela força.

Agradeço também a Suraya Carsidace, António Cumbi, Jorge Catandica, Elda Xieu, Virgilio Mabjaia, Anoque Chakanga, Marcelino Rovissene, Elisa Reno, Augusta Mussa, Ali Sinage, Catarina Tomo, Carlota Covane, Felisberto Luciasse, Lucas Mugadui, Orlando Macicame, Pyarly Mega, pela amizade e companheirismo nessa caminhada académica!

E por fim agradecer aos professores pelos ensinamentos transmitidos e Universidade Eduardo Mondlane pela oportunidade de formar-me! Muito obrigada!

Lista de Abreviaturas e Siglas

CPUE- Capturas por Unidade de Esforço

ESCMC- Escola Superior de Ciências Marinhas Costeiras

FAO- Food and Agriculture Organization

mm- milímetro

TSM- Temperatura Superficial Mar

UEM- Universidade Eduardo Mondlane

Listas de Figuras

Figura 1: Localização da Baía de Pemba.....	13
Figura 2: Variação inter-anual da CPUE na Baía de Pemba.....	16
Figura 3: Variação da média mensal da Precipitação na Baía de Pemba.....	17
Figura 4: Variação da média mensal da Temperatura superficial do mar na Baía de Pemba.....	18
Figura 5: Variação mensal da Clorofila na Baía de Pemba.....	19
Figura 6: Correlação entre a clorofila e a CPUE na Baía de Pemba.....	20
Figura 7: Correlação entre o coeficiente de atenuação de luz e a CPUE na Baía de Pemba.....	20
Figura 8: Correlação entre a precipitação e a CPUE na Baía de Pemba.....	21

Índice	
Declaração de honra	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Dedicatória.....	iv
Agradecimentos	v
Lista de Abreviaturas e Siglas	vi
CAPITULO I.....	1
1. Introdução.....	1
1.1. Objectivos	2
1.1.1. Geral	2
1.1.2. Específicos.....	2
1.2. Justificativa e problematização	2
CAPITULO II.....	4
2. Revisão de Literatura	4
2.1. Pesca.....	4
2.2. Pesca artesanal.....	4
2.3. Características da pesca artesanal	5
2.4. Importancia da pesca artesanal.....	6
2.5. Clima	7
2.6. Variáveis climáticas	7
2.7. Influencia das variaveis climaticas na pesca artesanal.....	9
Capitulo III	13

3.	Metodologia	13
3.1.	Colecta de Dados.....	13
3.2.	Análise de Dados.....	14
CAPITULO IV		16
4.	RESULTADOS	16
4.1.	Variação inter-anual das capturas artesanais da Baía de Pemba.....	16
4.2.	Variação inter-anual das variáveis ambientais (precipitação, temperatura Superficial e Clorofila) na Baía de Pemba	16
4.2.1.	Precipitação total anual	17
4.2.2.	Média anual da Temperatura da Superfície do Mar	17
4.2.3.	Media da Clorofila.....	18
4.3.	Correlação das variáveis ambientais e as capturas artesanais na Baía de Pemba	19
4.3.1.	Correlação entre a Temperatura Superficial do Mar (TSM) e CPUE	19
4.3.2.	Correlação da Clorofila VS CPUE	20
4.3.3.	Correlação da Precipitação VS CPUE.....	21
5.	Discussão	22
6.	Conclusão e Recomendações.....	25
7.	Referências Bibliográficas.....	27

CAPITULO I

1. Introdução

Autores como Marchesin e Rui (1985), citados por Oliveira (1988) e FAO (2007), defendem que a actividade pesqueira é uma das formas mais democráticas em todo o mundo para gerar emprego e renda. A mesma tem sido a responsável pelo sustento de grande parte da população mundial.

Uma boa parte das populações da Ásia, África e América Latina depende das pescarias de pequena-escala e de subsistência no combate à pobreza, sendo este o primeiro dos 8 Objectivos de Desenvolvimento do Milénio (FAO, 2005).

Moçambique é um país com uma extensa linha de costa banhada pelo Oceano Índico, que se estende desde os paralelos 10°27'S até aos 26°52'S, a costa é caracterizada por uma ampla variedade de habitats tais como praias arenosas, recifes de coral, estuários, baías, mangais e ervas marinhas. A distribuição e abundância dos recursos aquáticos, os métodos e técnicas da sua exploração dependem das características físicas da costa e reflectem essa mesma diversidade (Afonso, 2006; Chemane et al. 1997, Van der Elst et al., 2005).

As águas costeiras de Moçambique são ricas em pesca e diversidade de espécies (Hoguane & Pereira, 2003). As capturas da pesca artesanal contribuem em média com cerca de 87% da captura anual total, conforme registado nos desembarques de pescado (Jacquet & Zeller, 2007).

A maior parte da pesca artesanal é direccionada para o mercado local e contribui significativamente para o sustento das comunidades costeiras e para a economia local (Hoguane e Armando 2015).

A pesca é uma das mais importantes actividades sócio-económicas realizadas na zona costeira, contribuindo com uma parte substancial do PIB nacional. Em Moçambique, três principais sectores de actividade pesqueira são reconhecidos: pesca industrial, semi-industrial e artesanal (Palha de Sousa, 1996).

Esta actividade nos últimos anos tem sofrido influências das mudanças climáticas, o que poderá comprometer num futuro breve o próprio sector.

No sector da pesca, o efeito das mudanças climáticas é mais evidente, pois a maioria dos animais aquáticos são poiquilotérmicos; ou seja, a temperatura de seus corpos depende da temperatura do ambiente onde se encontram, afetando, deste modo, o metabolismo, crescimento, reprodução e susceptibilidade a toxinas e doenças (Ipinjolu, Magawata & Shinkafi, 2013; PBMC, 2014).

Em Moçambique, o efeito das mudanças climáticas tem sido caracterizado pelo aumento da temperatura e de eventos extremos, especialmente nas regiões costeiras. Projeções climáticas indicam que as temperaturas poderão aumentar de 1,5 a 3,0 °C para o período de 2046-2065 (INGC, 2009), podendo afetar vários setores econômicos, como a pesca. À medida que a temperatura aumenta, os eventos climáticos extremos, como secas, inundações e incêndios florestais, se tornam mais frequentes. Considerando que tais eventos são prevalentes em áreas costeiras, milhões de pessoas poderão enfrentar problemas relativos a enchentes e inundações associadas a tempestades e ao aumento do nível do mar (PBMC, 2016; ESMAP, 2010).

1.1.Objectivos

1.1.1. Geral

- Avaliar a influência das variáveis ambientais na pesca artesanal na baía de Pemba.

1.1.2. Específicos

- Analisar a variação inter-anual das capturas artesanais da Baía de Pemba;
- Descrever a variação inter-anual das variáveis ambientais (precipitação, temperatura Superficial e Clorofila) na Baía de Pemba;
- Determinar a correlação das variáveis ambientais e as capturas artesanais na Baía de Pemba.

1.2.Justificativa e problematização

A pesca tem sido fonte de alimento e geradora de recursos desde os primórdios da civilização. Contudo o desenvolvimento contínuo e crescente da tecnologia permitiu verificar que, embora esses recursos sejam renováveis, não são infinitos e que já existem sinais apontando para mudanças importantes nos ecossistemas e queda drástica nos estoques de algumas espécies importantes (GASALLA, 2004). Para a actividade pesqueira continuar a desempenhar um papel de importância social e econômica, é preciso que ela seja sustentável, apesar das mudanças contínuas nos ecossistemas, dos conflitos de interesse comercial e da redução dos estoques (FAO, 2003).

A pesca é altamente vulnerável à mudança climática. Assim, espera-se que, com os frequentes extremos do clima, deixe de haver dias adequados para as actividades de pesca.

A variabilidade do clima pode modificar as espécies de peixes e interromper os padrões reprodutivos e as rotas de migração. Em consequência, há possibilidade de impactos indiretos nas pessoas, devido à menor rentabilidade desse meio de sustento, do risco de cólera, pela intoxicação do peixe, e da desnutrição, pela falta de proteínas.

No entanto, a fragmentação e o baixo nível de conhecimentos sobre mudanças climáticas, verificados em algumas instituições públicas e organizações da sociedade civil, incluindo as comunidades locais, tornam o setor da pesca mais vulnerável, o que pode gerar grandes perdas econômicas e impactos negativos no desenvolvimento social (BARROS *et al.*, 2017). Assim, é importante selecionar uma estratégia de adaptação, de acordo com os valores sociais, objetivos e percepções de risco das comunidades (PACHAURI *et al.*, 2014).

Este trabalho irá contribuir para mitigar os problemas da pesca artesanal na Baía de Pemba, ao investigar os impactos das mudanças climáticas nos estoques pesqueiros e nas condições de trabalho dos pescadores. A pesquisa buscará propor estratégias de adaptação para tornar a pesca mais sustentável e reduzir as perdas econômicas, além de aumentar a conscientização sobre as mudanças climáticas entre as comunidades locais e gestores, promovendo políticas públicas eficazes para a gestão dos recursos pesqueiros.

CAPITULO II

2. Revisão de Literatura

2.1.Pesca

De acordo com o site do Embrapa (2015), a pesca é uma actividade que envolve a captura de peixes e outros polinizadores para fins alimentares, recreativos ou comerciais. Ela pode ser realizada usando diversas técnicas e instrumentos, como canoas, caças, arcos e redes, e pode ocorrer em águas costeiras, oceânicas e até mesmo em ambientes árticos e antárticos. A pesca é uma actividade importante na economia global, fornecendo alimento, emprego e sustentabilidade. Além disso, a pesca também é um desporto popular em muitas regiões, com competições e eventos organizados anualmente.

A pesca pode ser caracterizada por diferentes modalidades, como a pesca artesanal, industrial, desportiva ou amadora.

A pesca artesanal é caracterizada pelo uso de mão de obra familiar e baixo grau tecnológico nas capturas, enquanto a pesca industrial envolve a captura de pescado com embarcações de médio ou grande porte (Embrapa, 2015).

A pesca desportiva ou amadora tem como objetivo o lazer, turismo e desporto, e não visa a produção nem o comércio de pescado (Embrapa, 2015).

2.2.Pesca artesanal

A pesca artesanal é uma modalidade de pesca que desempenha um papel fundamental na sobrevivência das comunidades litorâneas (FAO, 2013) . Ela é caracterizada pelo uso de técnicas e instrumentos simples e tradicionais para capturar peixes e outros organismos aquáticos. A pesca artesanal responde pela maioria da produção de pescado comercializado em muitas regiões e é exercida por diversas comunidades, sendo uma actividade cultural, social e econômica de grande importância.

A pesca artesanal é praticada em diferentes ambientes, como águas costeiras, oceânicas, rios, estuários e águas litorâneas, e é realizada por pescadores profissionais diretamente, independentemente ou em regime de economia familiar, utilizando pequenas embarcações. Ela também está relacionada ao sustento de diferentes grupos sociais e é responsável por uma parte significativa da produção de pescado. A pesca artesanal enfrenta desafios resultantes das transformações econômicas e sociais, bem como de

conflitos ambientais, e é objeto de políticas públicas e ações de apoio visando o fortalecimento social, produtivo e econômico dos pescadores e pescadoras. A pesca artesanal é mais que uma profissão, é um modo de vida onde o trabalho é livre e tem um regime autônomo e coletivo, carregando consigo histórias e culturas de raízes profundas que são passadas de geração para geração. Ela é um símbolo de permanência e cultura popular, e sua importância vai além da actividade econômica, estando relacionada à resistência às situações de injustiça socioambiental (FAO, 2013).

2.3.Características da pesca artesanal

A pesca artesanal caracteriza-se pelo uso de pequenas embarcações, com menor esforço unitário de pesca. O regime do trabalho é familiar ou através de grupos de vizinhança ou parentesco, ou seja, nem sempre a unidade familiar corresponde ao grupo de pescadores que efectuam o trabalho de captura do pescado. Entretanto, os indivíduos da família executam, em intensidade variável, outras tarefas importantes no processo de produção, como o processamento do pescado e a manutenção de equipamentos de pesca. A unidade familiar frequentemente combina as outras actividades, como por exemplo, a agricultura, nas comunidades rurais que também possuem terra, a construção civil e o comércio, nas comunidades pesqueiras situadas em meio urbano (Shatz, 2002).

A importância da actividade pesqueira como motor da economia e para a sobrevivência de muitas populações costeiras e interiores é largamente conhecida e discutida (Pauly et al., 2002; FAO, 2007).

Nos países em desenvolvimento, a pesca encontra-se sob elevada e crescente pressão, provocada pelo crescimento de outras actividades que competem por espaço e recursos como o turismo, a aquacultura, a exploração de petróleo e hidrocarbonetos e o aumento populacional nas zonas costeiras, onde a globalização é também um aspecto condicionante da pesca artesanal, principalmente pela falta de recursos financeiros e de organização nas comunidades piscatórias dos países em desenvolvimento, que não permitem acompanhar a internacionalização dos mercados da indústria pesqueira (Nielsen et al, 2004).

A pesca é classificada em três subsectores, de acordo com as características das artes e embarcações: a pesca artesanal, com embarcações até aos 10 m; a pesca semi-industrial,

com embarcações entre 10 e 20 m; e a pesca industrial, que utiliza embarcações a partir dos 20 m. A pesca semi-industrial e artesanal são referidas como de pequena-escala. No entanto, para além destas categorias a lei das pescas (Lei no 3/90, de 26 de Setembro) distingue a pesca de subsistência, desportiva/recreativa, experimental e aquacultura (Afonso, 2006; Degnbol et al., 2002).

Comparando com os restantes sub-sectores da pesca, a pesca artesanal é responsável pelo maior número de empregos directos. Adicionalmente, a geração de emprego a pesca artesanal é amplificada cerca de 3 vezes pelo processamento, comercialização e transporte dos produtos da pesca (Degnbol et al., 2002).

Apesar do papel social importante da pesca de subsistência e de pequena-escala, este sector tem sido sistematicamente negligenciado pelos gestores da pesca, que favorecem os sectores da pesca mais industrializados (Degnbol et al., 2002).

As principais razões apontadas para a falta de reconhecimento da importância da pesca artesanal e de pequena-escala são a informação inadequada e a falta de conhecimento de alguns aspectos fundamentais relativos à dinâmica social, económica e institucional (FAO 2007).

2.4.Importancia da pesca artesanal

A pesca artesanal em Moçambique é praticada por diferentes segmentos da população nas zonas costeiras usando embarcações, em certos casos, com algum grau de especialização e artes de pesca convencionais. Esta actividade tem um papel importante nas comunidades pesqueiras porque providencia o pescado para o consumo dos membros das famílias e o excedente é comercializado, criando fonte de rendimento para os pescadores e pode ser praticada com carácter familiar ou em moldes empresariais (Lopes e Gervásio, 1999).

As embarcações utilizadas na pesca artesanal são de pequena dimensão, feitas de madeira ou fibra, propulsionadas a motor, remo ou vela, sendo as capturas raramente conservadas em gelo. As artes de pesca utilizadas são a rede de arrasto, para a praia e para bordo, rede de emalhar e a linha de mão (Dengo e Govender, 1998).

Chauca (2006) e Pereira (2004), na análise das capturas da pesca artesanal na Baía de Maputo, indicam a predominância do camarão, magumba, pescadinha, corvina, peixe pedra e garoupa. As artes utilizadas para a captura destes recursos são a rede de arrasto,

rede de emalhar e linha de mão. O caranguejo de mangal, lulas e chocos são recursos que podem ser capturados tanto por redes de arrasto, gaiolas, ou à mão.

O camarão, que é um recurso com alguma abundância na Baía de Maputo, é capturado na sua maioria com a rede de arrasto. São espécies de interesse económico de Moçambique o camarão castanho, camarão branco e ainda o camarão tigre gigante, sendo que as duas principais espécies contribuem em média com cerca de 80-90% do total de camarão capturado na Baía de Maputo (Fisher et. al., 1999).

2.5.Clima

Clima é o conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam, durante um longo período, o estado médio da atmosfera e sua evolução em determinado local. Para determinar e caracterizar o clima de uma área, é necessária uma longa série ininterrupta de observações diárias dos tempos, algumas vezes por dia (AYOADE, 2003). De acordo com Ayoade (2003), essas observações nunca podem ser realizadas em período inferior a 30-35 anos. Ou seja, as alterações climáticas resultam de variações estatisticamente significantes, no estado médio do clima ou em sua variabilidade, durante um período de tempo, que pode durar décadas ou milhões de anos (IPCC 2007).

2.6.Variáveis climáticas

Segundo Torres e Machado (2011), a característica climática de determinada região é controlada pelos elementos e factores climáticos.

Os principais elementos do clima e do tempo são: temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, ventos, nebulosidade, insolação, radiação solar e precipitação. Entre os principais factores climáticos, destacam-se: latitude, altitude, maritimidade e continentalidade, solos, vegetação, correntes marítimas, disposição do relevo e interferência antrópica. Com base no conhecimento desses elementos, pode-se fazer um planeamento para que as consequências trazidas pelas anomalias climáticas sejam amenizadas.

O estudo climático faz, muitas vezes, o uso de modelos complexos, que pretendem, por exemplo, descrever e prever cenários de alterações climáticas. A utilização dessas ferramentas passa, no entanto, pela análise de séries temporais de dados empíricos relevantes, que fornece informação essencial para uma melhor compreensão e caracterização dos processos envolvidos (LIMA et al., 2005).

Fenômenos como a precipitação e a temperatura do ar refletem bem o clima da região e, com análise ao longo do tempo desses dados, podem-se verificar as tendências climáticas. Os elementos climáticos estão sendo usados pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) para que, através de modelos, possam apontar as tendências do clima no planeta para os próximos anos. Portanto faz-se importante um acompanhamento das variáveis meteorológicas, para que se possa entender o comportamento do clima tanto no nível regional quanto no mundial (RODRIGUES et al., 2010). do sistema climático ou ter forte participação antropogênica. As causas de origem antropogênica estão associadas à influência das actividades humanas sobre o meio ambiente, aspecto que se tornou cada vez mais importante à medida que a modernidade foi evoluindo. Das mudanças produzidas ou provocadas pelo homem, tem merecido destaque a elevação dos níveis de temperatura média no planeta, principalmente pela elevação dos níveis de gases estufa (dentre eles, especialmente o gás carbônico e o metano) lançados pelas actividades humanas, os quais vêm mudando a composição e o dinamismo da atmosfera.

Desde o início da Revolução Industrial, em meados do século XVIII, as emissões de CO₂ para a atmosfera, resultantes da queima dos combustíveis fósseis — carvão, petróleo e gás natural — e da desflorestação, contribuíram para um aumento de 30% na concentração atmosférica de CO₂: de aproximadamente 280 ppmv em 1700 para 373 ppmv em 2003. Durante o século XX, verificou-se um aumento da temperatura média global de 0,2 a 0,6°C, que parece ter tido origem no aumento da concentração de gases com efeito de estufa (GEE) na atmosfera. No século XXI, as concentrações de GEE irão provavelmente aumentar, apesar dos esforços de mitigação da comunidade internacional (ex.: Protocolo de Quioto), resultando em novas alterações no sistema climático (CORREIA et al., 2005).

Os gases de efeito estufa, responsáveis pelo desequilíbrio do sistema climático, distinguem-se por serem acumulativos e irreversíveis, permanecendo dentro da atmosfera por séculos e sendo capazes de intensificar processos que podem durar por muitas gerações. Em consequência, os impactos dos GEEs devem ser tolerados ao longo do tempo (STERN, 2006). Essas mudanças climáticas podem afetar a biodiversidade dos ecossistemas, bem como a pesca e a produtividade agrícola.

Segundo Correa e Comim (2008), no último século a temperatura média da superfície aumentou 0,7°C e o nível médio do mar elevou-se 0,17 m; tem-se observado maior taxa

de derretimento das camadas de gelo e aumento de precipitações e de evaporação nos oceanos.

Desde 1970, tem aumentado a frequência e a intensidade de eventos extremos, como secas, inundações e tempestades de vento (IPCC, 2007). Segundo os cenários projetados pelo IPCC (2007), a temperatura média global deve aumentar entre 2,3°C e 4,5°C até o ano de 2100 (em relação ao período pré-industrial). Mas, não se descarta a possibilidade de elevações superiores a 4,5°C. Tendo-se em conta o maior aquecimento da Terra e das águas dos oceanos, estima-se que isso tenha influência sobre fenômenos naturais responsáveis pela estabilidade do clima regional, como, por exemplo, El Niño e La Niña, associados com períodos de seca e de inundações na região dos trópicos (IPCC, 2007).

2.7. Influência das variáveis climáticas na pesca artesanal

De acordo com Clavico (2008), a pesca é uma actividade comercial diretamente interligada a condições climáticas favoráveis, sendo preciso conhecer-se o máximo possível o ecossistema em estudo para que ela possa ser sustentável nas dimensões social, ambiental e econômica, contribuindo, dessa forma, para o desenvolvimento humano efetivamente sustentável.

Uma avaliação da variabilidade climática, ao longo do tempo, no Brasil, mostra que, dependendo da região analisada, podem ocorrer alterações contínuas ou ciclos bem demarcados dos elementos meteorológicos, como as temperaturas e a precipitação (Pinto et al., 1989). Esses ciclos ou alterações irão atuar como factores determinantes da pesca, uma das actividades humanas que mais diretamente utilizam recursos ambientais sendo portanto, inevitável algum dano ambiental (CLAVICO, 2008).

A *United Nations Framework Convention on Climate Change* (1992), define alteração climática como a mudança de clima atribuída, direta ou indiretamente, à actividade humana e que altera a composição da atmosfera ao longo de determinados períodos de tempo. Refere também outra definição, a de variabilidade climática, atribuída a causas naturais (BRAGA, 2010). Para Houghton et al. (1992) e Mitchell (1989), as mudanças climáticas podem afetar a biodiversidade dos ecossistemas bem como a pesca e a produtividade agrícola. Bradley et al. (1987) acreditam que os padrões de precipitação sejam alterados devido ao aquecimento causado pelo aumento dos gases estufa.

Santos (2006) afirma que a precipitação é um elemento meteorológico de fundamental importância para a definição do clima de uma região, e ela apresenta uma grande variação na região por ele estudada (tanto espacial, quanto temporal), a qual é fortemente influenciada pelo El Niño (que inibe a formação de nuvens convectivas) e La Niña (que provoca a formação de nuvens convectivas).

Clavico (2008), em estudo sobre as relações da variabilidade climatológica relacionada com a variabilidade social da safra de pescados na região Sul, verificou que dentre as inúmeras variáveis climatológicas que poderiam ser analisadas, as que estavam altamente correlacionadas com o desembarque de pescado eram os componentes U e V do vento, a velocidade do vento, a chuva, a radiação de onda longa e a temperatura, e que destas, a que se destacou foi o vento, devido ao componente forçante do fluxo de água, associado à formação geomorfológica.

Para Abdallah e Bacha (1999), a distribuição regional da produção pesqueira é explicada por vários elementos: factores ambientais — características físicas, oceanográficas e climáticas da região, extensão do litoral, disponibilidade de rios, densidade demográfica, hábitos alimentares. Silva et al. (2009), em seu estudo sobre a influência da variabilidade climática global e de suas escalas temporais sobre a precipitação no Alto Mundaú (PE), constataram que as ferramentas estatísticas são de extrema utilidade para o conhecimento da climatologia e mostraram quais os possíveis eventos da variabilidade climática exercem maior influência sobre a pluviometria local.

Um dos principais aspectos ainda a serem compreendidos a respeito da variabilidade das populações de peixes são as relações existentes entre a abundância dos estoques e condições ambientais propícias ao desenvolvimento das espécies (GIGLIOTTI et al., 2007). Mann (1993) indica haver fortes indícios de que processos oceânicos e meteorológicos têm grande influência sobre as variações dos estoques pesqueiros em âmbito mundial. Nakatani et al. (2004) relatam que os factores abióticos têm grande influência nas fases iniciais do ciclo de vida dos peixes, pois não agem isoladamente, mas sempre em interação com outros factores. E Vazzoler (1996) verificou que a actividade reprodutiva depende das condições ambientais, como o início da elevação dos níveis da

água, a duração do dia e os níveis pluviométricos, que determinam a variação da actividade reprodutiva.

Chellapa et al. 2010 observaram que, nas regiões tropicais, onde as variações estacionais de temperatura são pouco significativas, a precipitação pluviométrica desempenha um papel decisivo na determinação do ciclo reprodutivo das espécies de peixes. Já Félix et al. (2007) constataram que as mudanças sazonais na comunidade de peixes da zona costeira, nas praias do sul do Brasil, são reflexos principalmente de padrões de recrutamento determinados pela actividade reprodutiva e pela circulação costeira.

As influências das variações climáticas e oceanográficas sobre a actividade pesqueira não se restringem unicamente às tendências de longo prazo. São também observadas flutuações interanuais, muitas das quais têm o fenómeno climático ENSO (*El Niño/La Niña-Southern Oscillation*) como responsável direto. De fato, os efeitos do ENSO também são notados na estrutura das comunidades dos peixes (HARARI e ABREU, 2007).

A discussão sobre as causas das variações da pesca associadas às variações climáticas (naturais ou induzidas pelo homem) ou à degradação dos ambientes (por várias actividades, inclusive a própria pesca) é muito complexa. De qualquer forma, como a maior parte da biodiversidade disponível no planeta Terra se encontra nas regiões costeira e oceânica, e grande parte desse sistema vem sofrendo alguma forma de agressão resultante da actividade humana, o resultado final observado nas populações de importantes recursos pesqueiros é uma redução drástica e/ou ameaça de extinção.

Adicionalmente, em consequência do desequilíbrio dos ecossistemas, ocorre o desenvolvimento de espécies menos importantes comercialmente, favorecidas pela liberação de nichos das espécies sobre-explotadas (FREIRE, 2003).

Ressalta-se que em Pemba eventos extremos tais como chuvas e ventos fortes, temperaturas altas, subida do nível do mar e ciclones já se fazem sentir; por conseguinte, a combinação dessas ameaças tem afectado seriamente diferentes sectores, como a infraestrutura e as obras públicas, turismo, pesca, saúde e meio ambiente (PEMBA, 2016). Percebe-se, então, que a situação atual do clima exige grandes mudanças no estilo de vida e no modo como lidamos com os recursos naturais. Nesse sentido, um processo

de adaptação substancial é fundamental para se tentar reverter o panorama atual (PBMC, 2014).

Capítulo III

3. Metodologia

A Baía de Pemba localiza-se na região norte de Moçambique. Capital de Cabo Delgado, encontra-se ao sul da província, entre as latitudes de $10^{\circ} 29'$ norte e $14^{\circ} 01'$ Sul e as longitudes de $35^{\circ} 58'$ Este $40^{\circ} 35'$ Oeste. A baía de Pemba é a terceira maior do mundo e a primeira na África, o que a coloca numa posição privilegiada ao largo do oceano Índico com relação ao desenvolvimento da pesca (PEMBA, 2016). As principais actividades económicas são a pesca e o turismo; além disso, a localidade é potencial produtora de peixes, mariscos e outros frutos-do-mar, devido à sua localização geográfica ao longo da costa. Nesta cidade, a produção pesqueira é realizada em mar aberto ou através da aquacultura. Todavia, ainda se evidencia uma fraca produção pesqueira na baía, pois a actividade é praticada, essencialmente, por pescadores artesanais, que utilizam artes de pesca rudimentares e, às vezes, nocivas à reprodução e ao desenvolvimento dos peixes e mariscos (PEMBA, 2016).

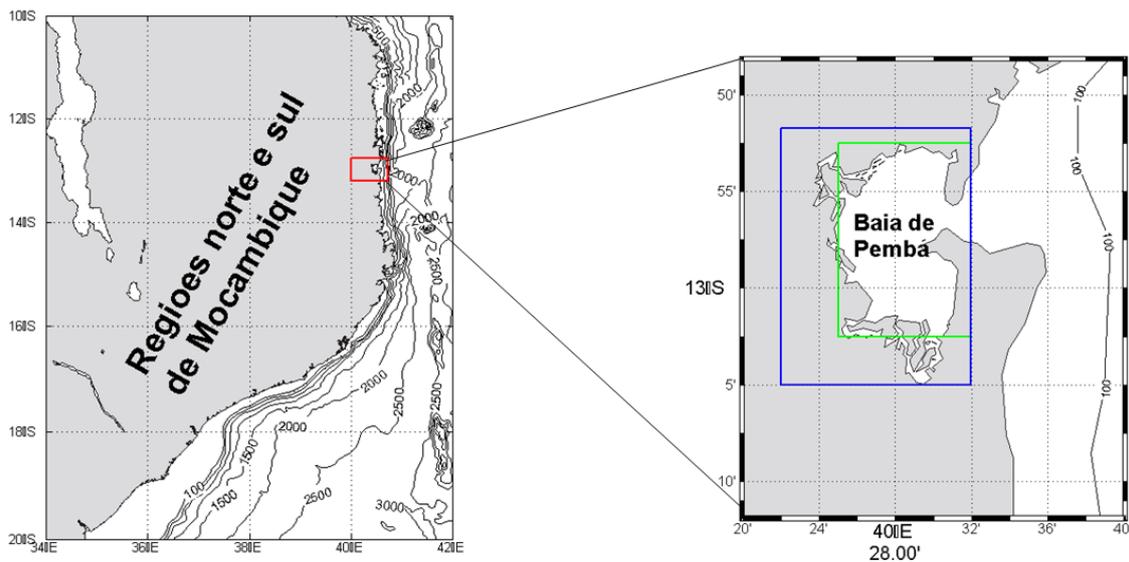


Figura 1: Localização da Baía de Pemba

3.1. Colecta de Dados

Neste estudo, foram utilizados médias mensais Caputura por Unidade de Esforço (CPUE) da pesca artesanal da Baía de Pemba, médias mensais da precipitação no sector circunvizinho da Baía de Pemba, temperatura da superfície do mar e concentração da clorofila, referentes ao período 2012-2020.

Médias mensais de Capturas da pesca artesanal da Baía de Pemba, convertidos para Caputura Por Unidade de Esforço (CPUE)

Os dados da CPUE (Captura por Unidade de Esforço) da pesca artesanal foram obtidos junto ao Instituto Oceanográfico de Moçambique (InOM), delegação de Sofala. Eles foram fornecidos em formato Excel, com a CPUE já calculada.

Médias mensais da precipitação do sector circunvizinho da Baía de Pemba

Os dados de precipitação utilizados neste estudo são do produto CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations), obtidos na página do Grupo de Perigos Climáticos (https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/africa_monthly/). Este conjunto de dados combina registos de estações hidrológicas e observações de satélite, com resolução espacial de 0.05°, abrangendo as regiões entre as latitudes 50°S e 50°N, no período de 1981 até o presente. O formato inicial destes dados é TIFF, no entanto, para se obter recorte da área de interesse (representada pelo retângulo azul no mapa de localização), os dados foram exportados para um ficheiro .txt no ArcGis 10.4. Em seguida foram recordados utilizando o software Matlab 13.0.

Médias mensais da temperatura da superfície do mar e concentração da Clorofila

Os dados da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e da concentração de Clorofila (chl-a), medidos pelo sensor MODIS a bordo do satélite Aqua (MODIS-Aqua), foram fornecidos pelo Grupo de Processamento de Biologia Oceânica (Ocean Biology Processing Group, OBPG, em inglês), através do link <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>. Esses dados estão disponíveis em composições mensais, de nível de processamento 3 (dados agregados prontos para análise), com resolução espacial de 4 km, abrangendo cobertura global e referentes ao período de 2002 até o presente. Os dados, disponibilizados no formato NetCDF, foram processados no Matlab-13.0. A partir deles foram extraídas informações da área de interesse, destacada pelo retângulo verde no mapa de localização da área de estudo. Em seguida, foi criada uma série temporal das médias espaciais da área de interesse, com o objectivo de descrever as variações temporais.

3.2. Análise de Dados

Com base nos objetivos da pesquisa, foram realizadas quatro principais análises de dados, descritas a seguir:

1. Determinação de totais anuais da CPUE (Captura por Unidade de Esforço) e precipitação;
 2. Determinação das médias anuais da temperatura da superficial do mar (TSM) e clorofia (chl-a).
 3. Análise de tendência das séries temporais de CPUE e das variáveis ambientais (precipitação, TSM, Chl-a).
- Determinação do coeficiente de correlação entre as variáveis ambientais (precipitação, TSM, Chl-a) e a CPUE, em escala anual e respectivo grau de significância ao nível de confiança de 95% ($p < 0.05$).

A análise de correlação foi realizada para avaliar o grau de associação entre cada variável ambiental e a CPUE, indicando a influência dessas na abundância do pescado. O coeficiente de correlação, também conhecido por coeficiente de Pearson, é dado pela equação a seguir.

$$r = \frac{\Sigma(X-\bar{X}).(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\Sigma(X-\bar{X})^2.\Sigma(Y-\bar{Y})^2}} \quad (1)$$

Onde, X e Y representam as variáveis sendo \bar{X} e \bar{Y} correspondem às suas médias aritméticas, respectivamente.

os valores do coeficiente de correlação de Pearson variam entre -1 e 1. Segundo Cahon (1998), correlações são classificadas como fracas (0.1 a 0.29), moderadas (0.3 a 0.49) ou fortes (0.5 a 1.0). Por outro, o valor de P representa a probabilidade de ocorrência, de um resultado tão extremo quando o que foi observado, assumindo que a hipótese nula seja verdadeira. De acordo com Ferreira e Patino (2015), valor de p-menor que 0.05 é considerado estatisticamente significativo, o que sugere evidência suficiente para rejeitar a hipótese nula. Em outras palavras, um o valor de p inferior a 0.05 indica que e pouco provável que o resultado tenha ocorrido por acaso.

Alem disso, foi considerado o tempo de atraso entre as variáveis independentes e a variável dependente (CPUE). Este atraso é fundamentado no facto de que os efeitos das variáveis ambientais na criação das condições óptimas para o crescimento e multiplicação de organismos marinhos, assim como o ciclo de vida dos desses organismos, demandam tempo. Foram feitas correlações calculadas para intervalos de 0 a 3 anos, e a escolha do tempo de atraso foi de possuir o maior coeficiente de correlação (r) e menor valor do p.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados das variações interanuais das capturas da pesca artesanal e das variáveis ambientais (precipitação, temperatura da superfície do mar e concentração de clorofila). São igualmente apresentados os resultados da análise de correlação entre essas variáveis ambientais e as capturas da pesca artesanal em Pemba, realizada com o intuito de inferir a influência das variáveis ambientais na disponibilidade das capturas.

4.1. Variação inter-anual das capturas artesanais da Baía de Pemba

A análise das Capturas por Unidade de Esforço (CPUE) anual entre 2012 e 2020 mostra uma tendência geral de crescimento, com variações ao longo dos anos. O valor mais baixo foi registado em 2012, com 354, enquanto o valor mais alto ocorreu em 2020, com 2691, indicando um aumento significativo na captura de peixes. Após um aumento para 698,86 em 2013, a CPUE caiu para 451,79 em 2014, sugerindo decréscimo nas capturas nesse ano. A partir de 2015, houve um crescimento constante, com a CPUE atingindo 1406 em 2017. Embora tenha havido pequenas quedas em 2018 (867) e 2019 (1055), a tendência geral foi de crescimento até o pico registado em 2020.

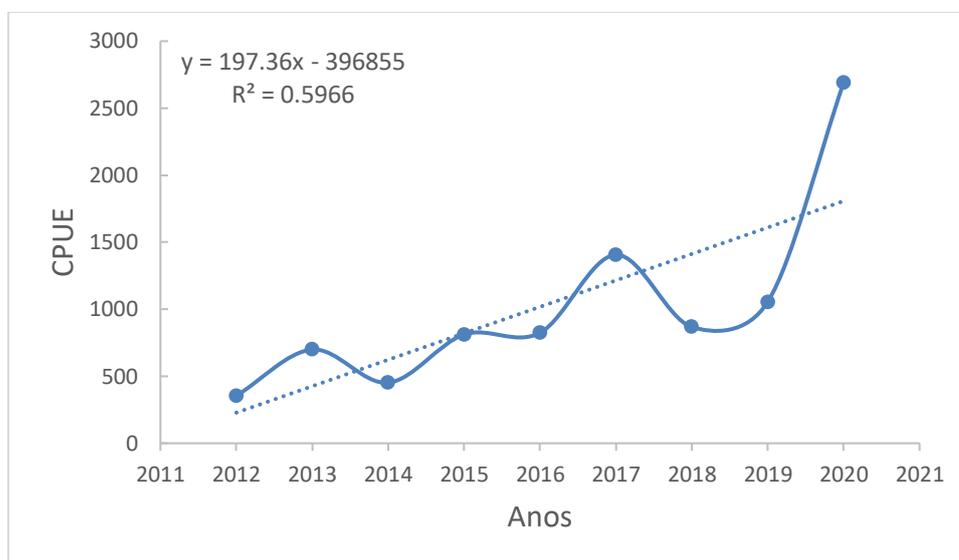


Figura 2: Variação inter-anual das capturas artesanais na Baía de Pemba.

4.2. Variação inter-anual das variáveis ambientais (precipitação, temperatura Superficial e Clorofila) na Baía de Pemba.

4.2.1. Precipitação total anual

A figura 3 ilustra a a variação da precipitação de 2012 a 2020, onde é possível notar que não há um padrão claro de aumento ou diminuição, o que significa que as flutuações não seguem uma tendência previsível. Os maiores valores de precipitação ocorreram em 2019, com 1125,875 mm, seguido por 2014, com 1067,8125 mm, e 2017, com 1052,375 mm, indicando anos com mais chuva. Por outro lado, 2020 teve a menor precipitação, com apenas 567,1875 mm, uma queda significativa em relação ao ano anterior (2019). Nos outros anos, como 2013 e 2015, os níveis de precipitação ficaram em valores intermediários, com 763,8125 mm e 1024,75 mm, respectivamente.

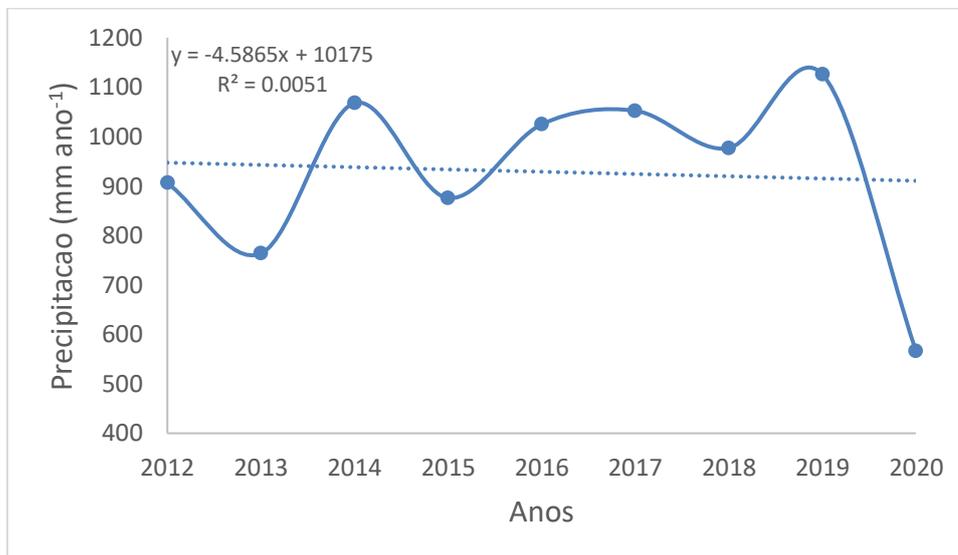


Figura 3: *Variação da média anual da Precipitação na região circunvizinha à Baía de Pemba.*

4.2.2. Média anual da Temperatura da Superfície do Mar

A análise da variação média anual da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na Baía de Pemba, entre 2012 a 2020, revela um aumento gradual e consistente ao longo do período. A relação é descrita pela equação $y=0,0631x-98,578$ coeficiente de determinação $R^2=0,8951$, indicando que 89,51% da variação na TSM pode ser explicada pela tendência linear identificada.

Os valores de TSM variaram de 27,82138°C em 2012, o mais baixo no período, até 28,34027°C em 2019, o mais elevado. O aumento gradual é evidente, com pequenas oscilações anuais, como entre 2017 (28,21821°C) e 2018 (28,11615°C). Apesar dessas

variações, a tendência geral aponta para o aquecimento da temperatura média da superfície do mar na região.

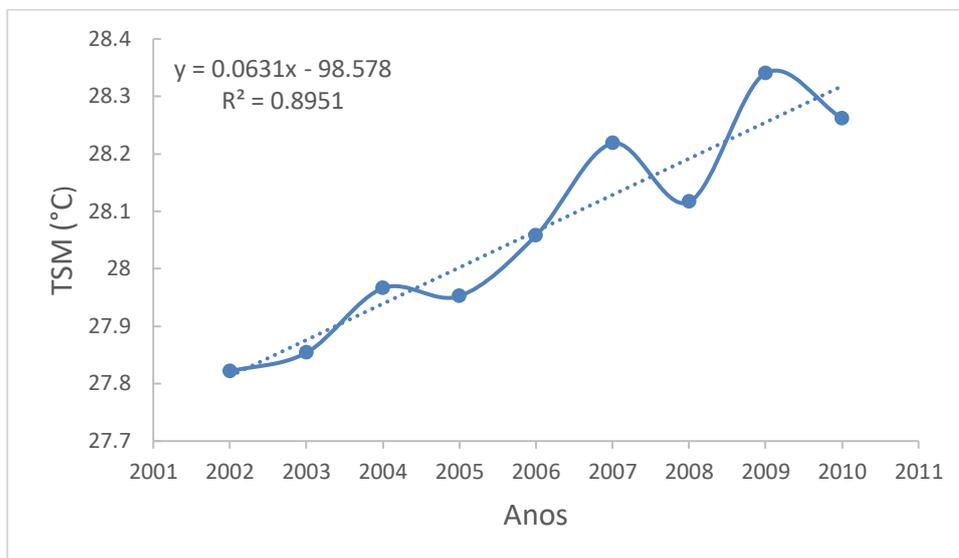


Figura 4: *Variação da média anual da Temperatura superficial do mar na Baía de Pemba*

4.2.3. Media da Clorofila

A análise dos dados fornecidos sobre a variação da média mensal da clorofila de 2012 a 2020 revela flutuações anuais sem um padrão linear claramente definido, o valor mais baixo de clorofila foi registado em 2012, com 0,220399, seguido de 2017 com 0,221977, ambos indicando concentrações relativamente baixas de clorofila. Em contraste, os maiores valores ocorreram em 2019, com 0,300839, e em 2018, com 0,299603, indicando picos de maior concentração.

Os anos intermediários variaram de forma moderada, com 2014 apresentando 0,252663, 2015 com 0,246567, 2016 com 0,262751,. Esses dados mostram variações que, embora não sigam uma tendência linear clara, indicam oscilações na concentração de clorofila ao longo do período analisado.

De modo geral, os valores mostram uma variação relativamente ampla na concentração de clorofila, com picos em 2018 e 2019 e os menores valores em 2012 e 2017, sem uma tendência constante ao longo do tempo.

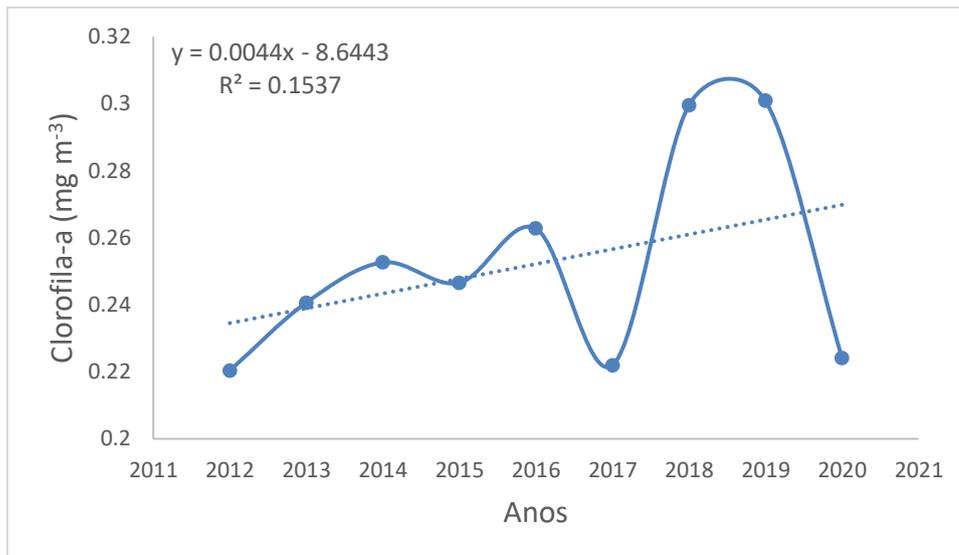


Figura 5: *Variação da média anual da Clorofila do mar na Baía de Pemba*

4.3. Correlação das variáveis ambientais e as capturas artesanais na Baía de Pemba

4.3.1. Correlação entre a Temperatura Superficial do Mar (TSM) e CPUE

O gráfico de dispersão apresentado na Figura 6 descreve a relação entre a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e a Captura por Unidade de Esforço (CPUE) na região de Pemba, durante o período de 2012 a 2020. Cada ponto no gráfico representa as médias anuais de TSM e CPUE registradas para cada ano.

A linha pontilhada indica o ajuste linear aos dados, representado pela equação da reta de regressão: $CPUE = 3094,4 \times TSM - 85667$

O coeficiente de determinação (R^2) é de 0,6259, demonstrando que 62,59% da variação observada na CPUE pode ser explicada pelas variações na TSM. A análise estatística revelou um valor-p de 0,01936. Este valor indica que há evidências significativas para a

relação entre as duas variáveis dentro do intervalo de confiança adotado.

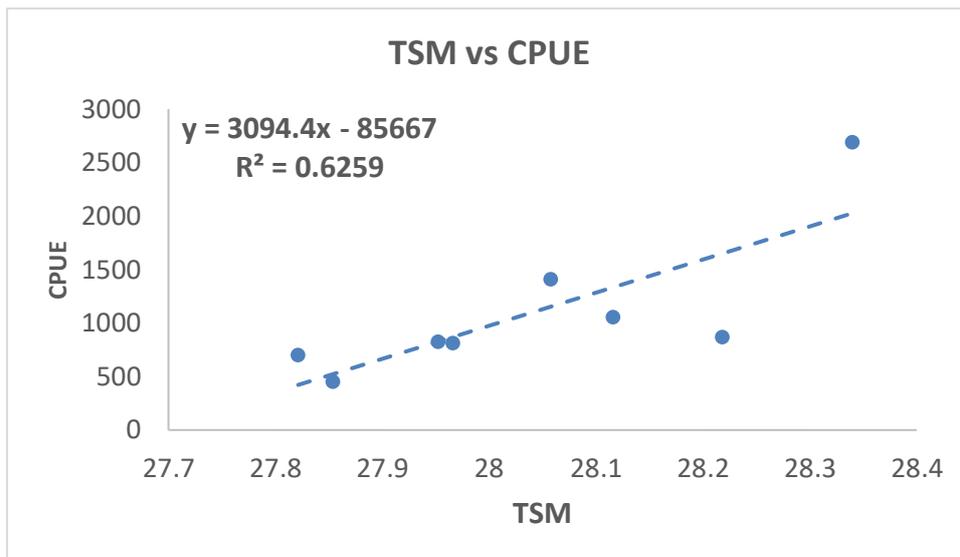


Figura 6: Correlação entre a *TSM* e a *CPUE* na Baía de Pemba

4.3.2. Correlação da Clorofila VS CPUE

O gráfico de dispersão da figura 7 ilustra a relação entre os valores médios anuais de Clorofila (mg/m^3) e a Captura por Unidade de Esforço (CPUE) na região de Pemba, durante o período de 2012 a 2020. O ajuste linear da relação entre as variáveis é descrita como: $\text{CPUE} = 22254 \times \text{Clorofila} - 4388.5$

O coeficiente de determinação (R^2) é de 0,6711, indicando que 67,11% da variação observada na CPUE pode ser explicada pelas variações nos valores de clorofila.

A análise estatística revelou que o valor-p associado ao modelo ($p=0.024$) é significativo, demonstrando que há evidências de uma relação linear entre a concentração de clorofila e a disponibilidade de capturas da pesca artesanal.

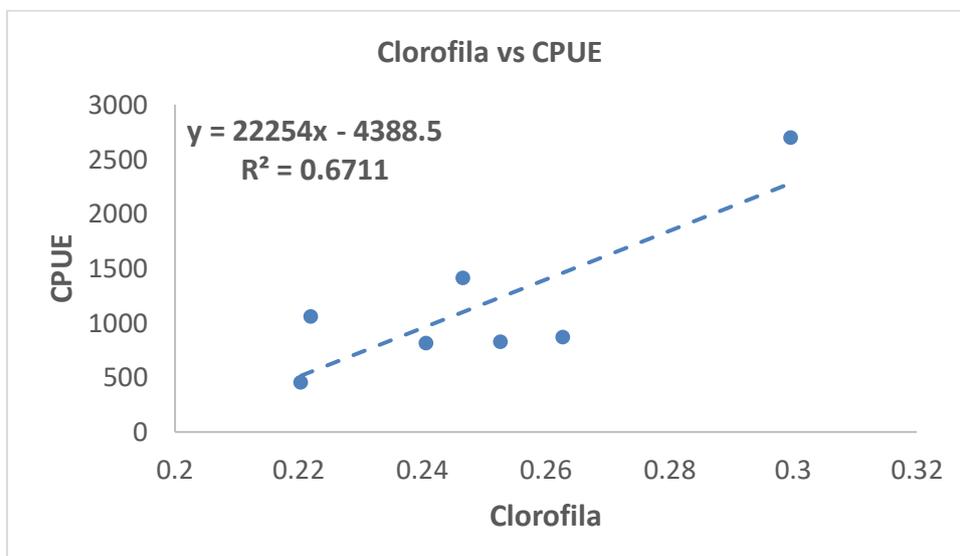


Figura 7: *Correlação entre a clorofila e a CPUE na Baía de Pemba*

4.3.3. Correlação da Precipitação VS CPUE

O gráfico de dispersão da Figura 8 ilustra a relação entre os valores médios anuais de Precipitação (mm) e a Captura por Unidade de Esforço (CPUE) na região de Pemba, no período de 2012 a 2020.

A linha pontilhada no gráfico representa o modelo de regressão linear ajustado, descrito pela equação: $CPUE = 4,0621 \times Precipitação - 2856,7$

O coeficiente de determinação (R^2) é de 0,4775, indicando que cerca de 47,75% da variação observada na CPUE pode ser explicada pelas variações na precipitação. O valor-p associado ao modelo foi de 0,057, que está ligeiramente acima do nível de significância de 0,05. Isso sugere que, embora exista uma tendência de relação linear entre a precipitação e a CPUE, a associação não é estatisticamente significativa ao nível de 5%, mas pode ser considerada marginalmente significativa em análises mais exploratória

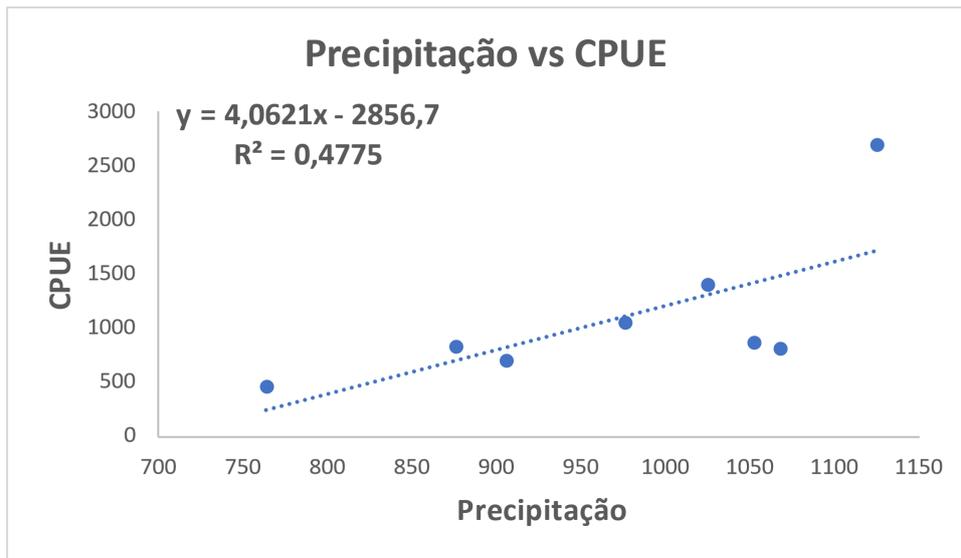


Figura 8: *Correlação entre a precipitação e a CPUE na Baía de Pemba*

5. Discussão

Os resultados deste estudo fornecem informações sobre a influência de variáveis ambientais como a precipitação, a TSM e a concentração de clorofila-a na abundância de capturas de peixe artesanal (CPUE) ao longo da costa norte de Moçambique. As correlações positivas significativas entre estas variáveis e a CPUE, juntamente com os tempos de desfasamento identificados, sublinham a interação dinâmica entre os factores climáticos, a produtividade dos oceanos e a dinâmica das populações de peixes.

A correlação positiva significativa entre a precipitação e a CPUE ($R^2=0,48$, desfasamento de um ano) é consistente com estudos anteriores que enfatizam o papel das entradas de água doce na estimulação da produtividade costeira. Hogue et al. (2015) concluíram que o escoamento superficial provocado pela precipitação introduz nutrientes nas águas costeiras, aumentando a produção primária e, subsequentemente, apoiando níveis tróficos mais elevados. As suas conclusões sobre a pesca no norte de Moçambique demonstraram uma correlação de dois anos de desfasamento entre a precipitação e as capturas de peixe, com $R=0,7862$, destacando a longevidade e a idade de maturidade das famílias de peixes dominantes, como Engraulidae e Carangidae.

O desfasamento de um ano observado neste estudo pode refletir os ciclos de recrutamento mais curtos ou respostas ecológicas mais rápidas de espécies de peixes específicas na área de estudo. Além disso, as tendências de declínio da precipitação identificadas neste estudo alinham-se com mudanças climáticas mais amplas, reduzindo potencialmente os fluxos de nutrientes e afectando a pesca artesanal. Tal como salientado por Rabalais et al. (2002), a diminuição do aporte de nutrientes pode levar a uma redução da produtividade dos peixes, sublinhando a necessidade de estratégias de gestão adaptativas.

A forte correlação positiva entre a TSM e a CPUE ($R^2=0,63$, desfasamento de um ano) indica que o aumento da TSM pode melhorar a dinâmica das populações de peixes através de múltiplos mecanismos. As águas mais quentes podem promover a atividade metabólica e as taxas de crescimento, como referido por Cloern & Jassby (2010), explicando potencialmente o aumento observado na CPUE. No entanto, aumentos sustentados da TSM podem também exacerbar a estratificação, limitando a mistura de nutrientes e reduzindo potencialmente a produtividade a longo prazo.

Estes resultados são consistentes com Hogue & Armandob (2015), que observaram uma influência significativa do escoamento de água doce na pesca do Banco de Sofala. Eles notaram que as espécies de peixes que habitam a região de influência de água doce - tais como Engraulidae e Clupeidae - são afectadas pela variabilidade climática e hidrológica. As alterações da TSM provavelmente modulam as condições ecológicas nestas regiões, reforçando a necessidade de monitorizar a dinâmica térmica e os seus efeitos em cascata no recrutamento de peixes.

A maior correlação neste estudo foi entre a clorofila-a e a CPUE ($R^2=0,68$, desfasamento de dois anos), sublinhando a importância da produção primária na sustentação das populações de peixes. A clorofila-a, como indicador da biomassa de fitoplâncton, reflecte directamente a base da teia alimentar aquática. O desfasamento de dois anos observado alinha-se com as conclusões de Hogue et al. (2015), que salientaram que as populações de peixes dependem da produtividade primária impulsionada por nutrientes durante as suas fases iniciais de vida.

Este desfasamento reflecte provavelmente as escalas de tempo ecológicas necessárias para que o enriquecimento em nutrientes se propaguem através da cadeia alimentar. As características do ciclo de vida das principais famílias de peixes, como Engraulidae e Penaeidae, que recrutam para a pesca no primeiro ou segundo ano de vida, corroboram ainda mais essas descobertas.

A tendência positiva da clorofila-a sugere que a produtividade costeira se mantém robusta apesar do declínio da precipitação, potencialmente devido a mecanismos de reciclagem de nutrientes ou a processos de afloramento reforçados pelo aumento da TSM. Por outro lado, os tempos de atraso identificados são ecologicamente significativos, reflectindo a influência tardia mais crítica das variáveis ambientais nas populações de peixes. Estes resultados alinham-se com teorias ecológicas mais amplas, como o conceito de respostas desfasadas nos ecossistemas descrito por Cloern & Jassby (2010), em que as alterações na produção primária se propagam através dos níveis tróficos ao longo do tempo.

As tendências contrastantes - diminuição da precipitação versus aumento da TSM, da clorofila-a e da CPUE - realçam a complexa interação dos factores climáticos na formação da dinâmica das pescas. As tendências positivas em TSM e clorofila-a sugerem que o

aquecimento das águas pode atualmente compensar os impactos negativos da redução da precipitação nos fluxos de nutrientes. No entanto, tal como referido por Hogueane & Armandob (2015), o aquecimento excessivo ou a alteração dos regimes hidrológicos podem perturbar estes equilíbrios, conduzindo à instabilidade ecológica.

Os resultados deste estudo estão em corroboram com pesquisas anteriores em Moçambique. Hogueane et al. (2015) destacaram o papel crítico das entradas de nutrientes impulsionadas pela precipitação na pesca artesanal, enquanto Hogueane & Armandob (2015) enfatizaram a importância da variabilidade do escoamento superficial na manutenção da produtividade da pesca no Banco de Sofala. As correlações mais elevadas observadas neste estudo para TSM e clorofila-a ($R^2=0,63$ e $R^2=0,68$, respetivamente) em comparação com a precipitação sugerem que as variáveis oceânicas podem exercer influências directas mais fortes sobre a pesca na costa norte de Moçambique.

6. Conclusão e Recomendações

Este estudo explorou a influência das variáveis ambientais - precipitação, temperatura da superfície do mar (TSM) e clorofila-a nas capturas de peixe artesanal (CPUE) ao longo da costa de Pemba, norte de Moçambique. Os resultados demonstraram correlações positivas entre estas variáveis e a CPUE, com tempos de desfasamento distintos: um ano para a precipitação e a TSM, e dois anos para a clorofila-a. Estes resultados realçam o papel crítico dos processos ambientais na dinâmica das populações de peixes e sublinham a importância das respostas ecológicas desfasadas no tempo.

A correlação positiva entre a precipitação e a CPUE, embora moderada ($R^2=0,48$), realça o papel das entradas de água doce no fornecimento de nutrientes às águas costeiras, aumentando a produção primária e apoiando os níveis tróficos superiores. No entanto, a tendência de declínio da precipitação suscita preocupações quanto a potenciais reduções futuras dos fluxos de nutrientes e da produtividade das pescas, exigindo estratégias de gestão adaptativa para mitigar estes impactos.

A TSM e a clorofila-a emergiram como preditores mais fortes da CPUE, com $R^2=0,63$ e $R^2=0,6$, respetivamente. Estes resultados sugerem que as variáveis oceânicas, particularmente a temperatura e a produtividade primária, têm uma influência mais directa e sustentada na pesca artesanal. As tendências positivas na TSM e na clorofila-a podem actualmente suportar os aumentos observados na CPUE, mas o aquecimento excessivo ou a saturação de nutrientes podem representar riscos ecológicos a longo prazo. Este estudo contribui para um conjunto crescente de evidências, incluindo os resultados de pesquisas anteriores realizadas ao longo da costa de Moçambique que destacam a interacção entre as variáveis ambientais e a pesca artesanal em Moçambique. Os tempos de atraso observados sublinham os efeitos atrasados mas significativos dos processos ambientais, reflectindo a natureza em cascata da dinâmica de nutrientes e interações da teia alimentar.

Os resultados da presente pesquisa têm implicações críticas para a gestão sustentável da pesca artesanal e deles surgem as seguintes recomendações:

- Monitorizar e preservar os influxos de água doce para manter as entradas de nutrientes.
- Gerir os esforços de pesca para os alinhar com os ciclos ecológicos influenciados pela TSM e pela clorofila-a.

- Incorporar a variabilidade climática e as respostas ecológicas desfasadas nos modelos de gestão das pescas para melhorar as previsões e o planeamento da resiliência.

7. Referências Bibliográficas

- AFONSO, P. S. (2006). *Review of the state of world marine capture fisheries management: Indian Ocean*. FAO Fisheries Technical Papers 488, FAO, Rome, pp: 458.
- Barros, A., et al. (2017). *Vulnerabilidade da pesca artesanal às mudanças climáticas em Moçambique*. Maputo: Instituto de Pesquisa em Mudanças Climáticas.
- CHAÚCA, I.; INÁCIO, A.; PALHA de Sousa, L. e CAMELO, A. M. (2006). *Análise dos Principais Recursos de Camarão na Baía de Maputo*. Instituto Nacional de Investigação Pesqueira. Maputo.
- CHEMANE, D.; MOTTA, H.; ACHIMO, M. (1997). *Vulnerability of coastal resources to climate changes in Mozambique: a call for integrated coastal zone management*. *Ocean & Coastal Management* 37 (1): 63-83.
- CHEUNG, W. W. L., et al. (2010). *Impacts of Climate Change on Marine Biology and Fisheries*. *Global Environmental Change*, 20(2), 88-98.
- CLOERN, J. E., & JASSBY, A. D. (2010). Patterns and Scales of Phytoplankton Variability in Estuarine–Coastal Ecosystems. *Estuaries and Coasts*, 33(2), 230-241.
- United Nations. (2016). Chapter 6: Primary Production, Cycling of Nutrients, Surface Layer and Plankton. *The First Global Integrated Marine Assessment*.
- DEGNBOL, P., et al. (2002). *Small-scale fisheries in Africa: A regional synthesis*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- DENGO, A.; GOVENDER, A. (1998). *Pesca semi-industrial e Artesanal de Camarão: Baía de Maputo* in Documento apresentado por ocasião do Seminário sobre Sistemas de Amostragem para a pesca de pequena escala. Instituto de Investigação Pesqueira. Maputo. Moçambique
- EMBRAPA. (2015). Pesca em Artesanal . Disponível em <http://www.embrapa.mz/pesca>
- ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program). (2010). *Mozambique: Economics of adaptation to climate change*. World Bank.
- FAO. (2003). *The state of world fisheries and aquaculture*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- FAO, (2005) *Strategies for increasing the sustainable contribution of small- scale fisheries to food security and poverty alleviation. FAO Technical Guideline for responsible fisheries*, No 10.
- FAO (2007). *The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA) 2006*. Food and Agriculture Organization, Rome, pp: 180.
- FISHER, W.; SOUSA, I.; SILVA, C.; de FREITAS, A.; POUTIERS, J. M.; SCHENDER, W.; BORGES, T. C.; FÈRAL, J. P. e MASSINGA, A. (1999). *Guia de Campo das espécies comerciais Marinhas e de águas salobras de Moçambique*. FAO
- FREIRE, K. (2003). *Impactos da pesca artesanal na Baía de Maputo*. Maputo: Instituto de Pesquisa em Recursos Marinhos.
- HOGUANE, A. M., & CUAMBA, E. L. (2015). Influence of rainfall on tropical coastal artisanal fisheries – A case study of Northern Mozambique. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 15(4), 443-451. DOI: 10.5894/rgci600.
- HOGUANE, A. M., & ARMANDO, E. V. (2015). The influence of the river runoff in the artisanal fisheries catches in tropical coastal waters – The case of the Zambezi River and the fisheries catches in the northern Sofala Bank, Mozambique.
- HOGUANE, A., & Pereira, M. (2003). *Coastal waters of Mozambique: A rich fishing ground*. Maputo: Ministry of Fisheries.
- HOGUANE et al, 2012. *Influência da precipitação nas pescarias artesanais tropicais: o estudo de caso da região norte de Moçambique*. *Revista de Gestão Costeira Integrada*.
- HOGUANE, A., & Armando, L. (2015). The socio-economic importance of artisanal fisheries in Mozambique. Maputo: Ministry of Fisheries.
- IPINJOLU, J., MAGAWATA, S., & SHINKAFI, M. (2013). *Climate change and its impacts on fisheries in Mozambique*. Maputo: Mozambican Institute of Fisheries.

- JACQUET, J.L.; ZELLER, D. (2007) – National conflict and fisheries: Reconstructing marine fisheries catches for Mozambique. *In: D. Zeller & D. Pauly (eds.), Reconstruction of marine fisheries catches for key countries and regions (1950-2005). Fisheries Centre Research Reports* (ISSN: 1198-6727) 15(2):35-47, Fisheries Centre, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- LIMA et al, 2019. *ANNUAL SURFACE TEMPERATURE VARIABILITY WITH THERMAL IMAGES FROM LANDSAT 8: A CASE STUDY FROM THE BOA VIAGEM NEIGHBORHOOD, RECIFE – PE*. *Journal of Hyperspectral Remote*. Universidade Federal de Pernambuco
- LOPES, C., & Gervásio, L. (1999). The role of artisanal fisheries in the economy of Mozambique. Maputo: Ministry of Fisheries.
- LOPES, M. A.; CARVALHO, F.M. (2002). *Custo de Produção de Gado de Corte*. Informe Agropecuário. Volume 12. Nº 143. Universidade FEDERAL DE Lavras. Belo Horizonte. Brazil. 47 Pp.
- MOTTA, H. M., et al. (2019). *O impacto da precipitação nas áreas costeiras e sua relação com a produtividade pesqueira*. *Revista de Estudos Climáticos e Ambientais*, 45(2), 121-137.
- NEVES, Geraldo Tomás. 2017. *Análise de padrão do vento e sua relação com possibilidade de promover ressurgência (Upwelling) na Costa de Pemba, Cabo Delgado, Norte de Moçambique*. Monografia para Obtencao de Grau de Licenciatura em Oceanografia, UEM. Quelimane.
- NHACA, Adelino o Rosario Andre 2015. *Variabilidade temporal e espacial de concentracao de clorofila no banco de Sofala*. Monografia de obtencao do grau de Licenciatura em Oceanografia, UEM. Quelimane
- NIELSEN, J. R., et al. (2004). *Small-scale fisheries in Mozambique: Challenges and opportunities*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- OLIVEIRA, Z. O. P. (1988). *Pesca Artesanal: Problemas Sociais e Económicos dos Pescadores de Guaiuba. Imbituba (SC)*. Monografia apresentada no curso de geografia. Fundação de Ensino Pólo Geoeducacional do Vale di Itajáí. São Paulo.

- PALHA DE SOUSA, L.; (1996). -*Actual estado de conhecimento dos recursos pesqueiros de Moçambique – Perspectivas para o futuro*. In: D. Dias, P. Scarlet, J. Hatton and A. Macia, editors. *O Papel da Investigação na Gestão da Zona Costeira*. Proceedings do Workshop. Maputo, 24 e 25 de Abril de 1996. Departamento de Ciências Biológicas (UEM), Maputo, Moçambique: pp. 50-58.
- PEREIRA, M. A. M. (2004). *Recursos Turísticos e Pesqueiros da Zona Costeira do Distrito de Matutuine*. Maputo. *Challenges for Conservation on the Developments of the Maputo and Libombos Corridors*. Relatório Submetido ao WWF Mozambique Coordination Office no âmbito do Projecto.
- PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas). (2016). *Sumário executivo do primeiro relatório de avaliação nacional sobre mudanças climáticas*. PBMC.
- RABALAIS, N. N., TURNER, R. E., & WISEMAN, W. J. (2002). Gulf of Mexico Hypoxia, A.K.A. "The Dead Zone". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33, 235-263.
- SHATZ, Yuri (2002). *Fish stat Plus*, Version2.30.FAO, Rome.
- SILVA, L. F., et al. (2018). *Marine Primary Productivity and Its Influence on Artisanal Fishing in Coastal Areas*. *Brazilian Journal of Marine Ecology*, 32(4), 560-578.
- United Nations. (2016). Chapter 6: Primary Production, Cycling of Nutrients, Surface Layer and Plankton. *The First Global Integrated Marine Assessment*.
- VAN, der E.; DAVID, B. & GOVENDER, A. (2005). *The Marine Linefish Resources of Mozambique (Status, Developments and Future Research)*. Instituto de Investigação Pesqueira. Maputo. *Revista de Investigação Pesqueira*. Pp 22: 3-35.