Universidade Eduardo Mondlane
Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Dissertação de Mestrado em Oceanografia Aplicada

Factores Ambientais e seus Impactos na Pescaria de Kapenta (*Limnothrissa miodon)* na albufeira de Cahora Bassa

Autor: Humberto Chapata Carvalho

Quelimane, Abril de 2023

Universidade Eduardo Mondlane
Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Factores Ambientais e seus Impactos na Pescaria de Kapenta (*Limnothrissa miodon)* na albufeira de Cahora Bassa

Autor: Humberto Chapata Carvalho

Supervisor: Professor Catedrático António Mubango Hoguane

Quelimane, Abril de 2023

Termo de Aprovação

Humberto Chapata Carvalho

"Factores Ambientais e seus Impactos na Pescaria de Kapenta (Limnothrissa miodon) na albufeira de Cahora Bassa"

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Oceanografia Aplicada, pelo Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Aplicada da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras (ESCMC) da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), pela Comissão formada pelos professores:

PRESIDENTE: _____
Avelino A. A. Langa (PhD)
(Universidade Eduardo Mondlane)

ORIENTADOR: _____
António M. Hoguane (PhD)
(Universidade Eduardo Mondlane)

AVALIADOR1: _____
Tor Gammelsrød (PhD)
(University of Bergen, Norway)

AVALIADOR2: _____
Hélder A. Machaieie (PhD)
(Universidade Eduardo Mondlane)

Quelimane, Abril de 2023

Declaração do Supervisor

O abaixo-assinado certifica que leu e recomenda para aceitação pela Universidade Eduardo Mondlane a dissertação intitulada: **Factores Ambientais e seus Impactos na Pescaria de Kapenta (*Limnothrissa miodon)* na albufeira de Cahora Bassa**, como um requisito parcial para a atribuição do grau de Mestre em Oceanografia Aplicada.

Supervisor data:

_____ _____

(Professor Catedrático António Mubango Hoguane)

Declaração de Honra

Eu, **Humberto Chapata Carvalho**, declaro que esta dissertação nunca foi apresentada para obtenção de qualquer grau académico e que ela constitui o resultado do meu labor individual. Esta dissertação é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos para obtenção do grau de Mestrado em Oceanografia Aplicada, da Universidade Eduardo Mondlane.

O Candidato

Humberto Chapata Carvalho

(Humberto Chapata Carvalho)

Dedicatória

À Christiane, Ailine, Marinele & Chloe; minhas princesinhas muito queridas!

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus e meu Senhor Jesus Cristo, pela vida que me dá e por todas as bênçãos que me tem proporcionado dia após dia. E a minha família, em especial a minha esposa Tánia Bernardo Jornão Carvalho, agradeço por todo o suporte e encorajamento.

Ao meu supervisor Professor Catedrático António Mubango Hoguane pela valiosa assistência e encorajamento prestados desde os primeiros momentos e em todos os contornos de elaboração pelos quais passei até à conclusão do trabalho.

Ao Instituto de Bolsa de Estudos do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior de Moçambique que me concedeu a bolsa de estudos que suportou todas as despesas do meu curso de mestrado.

À empresa Hidroeléctrica de Cahora Bassa (HCB), Administração Nacional das Pescas (ADNAP)-Tete e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INAM)-Tete, que me forneceram os dados usados neste trabalho. Vai o meu "muito obrigado", "*asante sana*", "*thank you very much*"…

O meu agradecimento vai ao Professor Doutor Messias Macuiane pelos "puxões de orelha" durante a discussão dos resultados deste trabalho.

Agradeço igualmente a todos colegas do Instituto Nacional de Investigação Pesqueira, Delegação de Tete, por todo apoio prestado. Especial abraço ao Delegado, Claque Jone Maunde.

E finalmente agradeço a todos os meus companheiros/colegas do programa de mestrado, edição de 2021 por todos os subsídios, amizade e companhia durante a caminhada.

A todos que de forma directa ou indirecta contribuíram para a materialização deste desiderato, vai o meu muito obrigado.

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES 1
2. PROBLEMA DE ESTUDO 3
3. OBJECTIVOS DA INVESTIGAÇÃO 4
3.1. Objectivo geral 4
3.2. Objectivos específicos 4
5. REVISÃO DA LITERATURA 6
5.1. Factores ambientais 6
5.2. Breve historial da pesca na albufeira de Cahora Bassa 7
5.3. Kapenta (*L. miodon*) 10
5.3.1. Taxonomia 10
5.3.2. Biologia e Ecologia 11
5.3.3. Hábitos alimentares 12
6. METODOLOGIA 13
6.1. Descrição da área de estudo 13
6.2. Fonte de dados 15
6.3. Processamento e Análise de Dados 16
6.3.1. Variações temporais dos factores ambientais. 16
6.3.2. Variações temporais da captura, esforço de pesca e CPUE 17
6.3.3. Relação entre a captura de *L. miodon* e factores ambientais 17
6.3.4. Evolução do comprimento de *L. miodon* 17
7. RESULTADOS 18
7.1. Variações sazonais e interanuais dos factores ambientais 18
7.2. Variações sazonais e interanuais da captura, esforço de pesca e CPUE de *L. miodon.* 22
7.3. Relação entre a captura de *L. miodon* e os factores ambientais 24
7.4. Evolução do comprimento médio de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa 29
8. DISCUSSÃO 30
8.1. Variações sazonais e interanuais dos factores ambientais 30
8.2. Variações sazonais e interanuais da captura, esforço de pesca e CPUE de *L. miodon.* 32
8.3. Relação entre a captura de *L. miodon* e os factores ambientais 33
8.4. Evolução do comprimento médio de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa 35

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 36
9.1. Conclusões 36
9.2. Recomendações 36
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exportação de kapenta em Moçambique 8

Figura 2 - Valoração de kapenta em Moçambique 8

Figura 3 - Principais destinos de exportaçao de *L. miodon* 9

Figura 4 - Amostra de *L. miodon* da albufeira de Cahora Bassa 10

Figura 5 - Localização geográfica da albufeira de Cahora Bassa 14

Figura 6 - Pontos de medição de dados ambientais 16

Figura 7 - Variação sazonal e interanual da precipitação 18

Figura 8 - Variação sazonal e interanual da Temperatura 19

Figura 9 - Variação sazonal e interanual da Velocidade do Vento 20

Figura 10 - Variação sazonal e interanual do Caudal Afluente Nível de Água 21

Figura 11 - Variação sazonal e interanual da Captura, Esforço de Pesca e CPUE 23

Figura 12 - Relação entre a captura de *L. miodon* e precipitação 24

Figura 13 - Relação entre a captura de *L. miodon* e Temperatura do ar 25

Figura 14 - Relação entre a captura de *L. miodon* e Velocidade do Vento 26

Figura 15 - Relação entre a captura de *L. miodon* e Caudal Afluente 27

Figura 16 - Relação entre a captura *L. miodon* e Nível de Água 28

Figura 17 - Evolução do comprimento médio de *L. miodon* 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação da captura de *L. miodon* com a precipitação 25

Tabela 2 - Relação da captura de *L. miodon* com a temperatura 26

Tabela 3 - Relação da captura de *L. miodon* com a velocidade do vento 27

Tabela 4 - Relação da captura de *L. miodon* com o caudal afluente 28

Tabela 5 - Relação da captura de *L. miodon* com o nível de água 29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SPAP	Serviços Provinciais de Administração Pesqueira
CPUE	Captura Por Unidade de Esforço
MIMAIP	Ministério do Mar, Águas Interiores e Pesca
HCB	Hidroeléctrica de Cahora Bassa
MAE	Ministério de Administração Estatal
ADNAP	Administração Nacional das Pescas
IIP	Instituto Nacional de Investigação Pesqueira
IPCC	Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas
mm	Milímetro
^{o}C	Graus Centigrados
m/s	Metros por Segundo
m^3/s	Metros Cúbicos por Segundo
m	Metros
ton	Tonelada
R	Coeficiente de Correlação
p	Coeficiente de Pierson
α	Nível de Significância

Resumo

No presente trabalho foi aplicada a análise de regressão linear símples como forma de avaliar o impacto dos factores ambientais na pescaria de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa, face ao actual cenário de redução de capturas desta pescaria. Para o efeito, foram feitas correlações entre a captura de *L. miodon* com precipitação, temperatura do ar, velocidade do vento, caudal afluente e nível de água. Usando modelos de regressão linear simples foi possível determinar o quão cada factor ambiental influencia a captura. De uma forma geral os resultados obtidos indicam haver uma correlação fraca entre os factores ambientais e a captura de *L. miodon*, mas, o nível de água e a velocidade do vento tiveram uma correlação positiva e moderada ($R = 0{,}56$ e $R = 0{,}47$) com intervalos de confiança ($\alpha = 0{,}01$ e $\alpha = 0{,}05$), respectivamente. Este resultado se justifica pelo facto de com o aumento do nível de água aumentar também a área alagada e por consequência aumentar a área disponível para a pesca, no caso do vento este desempenha um papel importante na mistura da coluna de água e com isto permitir quebrar a estabilidade da coluna de água. Os resultados do presente trabalho contribuem para melhorar a compreensão da influência dos factores ambientais na pescaria de kapenta e avançar sugestões sobre a sua vulnerabilidade e capacidade de adaptação às alterações climáticas. A redução da captura de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa não pode ser explicada apenas com os factores ambientais considerados na presente pesquisa, sendo necessário considerar outros factores como a pesca ilegal e a turbidez prolongada da água.

Palavras-Chaves: factores ambientais, albufeira de Cahora Bassa, *L. miodon*, correlação.

Abstract

In the present work, simple linear regression analysis was applied as a way of assessing the impact of environmental factors on the *L. miodon* fishery in the Cahora Bassa reservoir, given the current scenario of reduced catches in this fishery. For this purpose, correlations were made between the capture of *L. miodon* with precipitation, air temperature, wind speed, inflow and water level. Using simple linear regression models it was possible to determine how much each environmental factor influences capture. In general, the results indicate that there is a weak correlation between environmental factors and the capture of *L. miodon*, but the water level and wind speed had a positive and moderate correlation (R=0.56 and R= 0.47) with confidence intervals (α=0.01 and α=0.05), respectively. This result is justified by the fact that with the increase in water level, the flooded area also increases and consequently increases the area available for fishing, in the case of wind, it plays an important role in mixing the water column and thus breaking the stability of the water column. The results of this work contribute to improve the understanding of the influence of environmental factors on the kapenta fishery and advance suggestions on its vulnerability and capacity to adapt to climate change. The reduction in the capture of *L. miodon* in the Cahora Bassa reservoir cannot be explained only with the environmental factors considered in this research, being necessary to consider other factors such as illegal fishing and prolonged turbidity of the water.

Keywords: environmental factors, Cahora Bassa reservoir, *L. miodon*, correlation.

1. ANTECEDENTES

De acordo com Bernacksek & Lopes (1984) citados por Mafuca (2011), a albufeira de Cahora Bassa foi formada através da barragem do rio Zambeze no início dos anos 1970, e é agora o quarto maior lago artificial de África. O principal objectivo da barragem era produzir energia hidroeléctrica, e muito pouca atenção foi dada durante a fase de concepção à acomodação de outros usos, como a pesca.

Em resultado da sua localização á ajusante, a albufeira de Cahora Bassa tem sido recipiente de material biótico e abiótico transportado a partir da montante. De entre o material biótico trazido a montante e que se introduziu na albufeira de Cahora Bassa se destaca a kapenta (*Limnothrissa miodon*) que nos anos 1967-68 fora introduzida na albufeira de Kariba (localizada a cerca de 260 km a montante) a partir do Lago Tanganyica com objectivo de povoar a zona pelágica da albufeira (Junor & Begg, 1972).

Este pequeno clupeídeo foi capaz de colonizar a albufeira de Cahora Bassa, mesmo contra as probabilidades que indicavam que não seria possível escapar através das turbinas e sobreviver a queda de cerca de 71 metros e fazer essa distância que separa as duas albufeiras (Kenmuir, 1975; Jackson & Rogers, 1976). Segundo Cabanelas (2005), apesar do principal objectivo da construção da barragem ter sido a produção de energia hidroeléctrica, a pesca tornou-se rapidamente uma actividade com grande potencial económico e de grande importância para a subsistência das comunidades locais. Actualmente ocorrem dois tipos de pesca na albufeira de Cahora Bassa, nomeadamente a pesca artesanal e a pesca semi-industrial. Segundo Mafuca (2002), a pesca artesanal foi a primeira a estabelecer-se logo após o fecho das comportas da barragem, é na sua maioria praticada pela população local, onde as artes de pesca dominantes são a rede de emalhe de superfície e de fundo.

Ainda segundo Mafuca (2002), a pesca de kapenta (*L. miodon*) na albufeira de Cahora Bassa começou por volta de 1992, depois da descoberta de consideráveis mananciais desta espécie no lago. Dados estatísticos de captura e esforço sobre a pescaria de *L. miodon* tem sido recolhidos desde 1993 pelos Serviços Provinciais de Administração Pesqueira de Tete (SPAP-Tete), mas apenas dados estatísticos de 1995 em diante é que estão disponíveis e fiáveis para pesquisas. Para Mafuca (2011), naquela altura esta pescaria suportava cerca de 250 embarcações que correspondia ao esforço máximo permitido, com uma produção média anual de cerca de 16.000

t. Entretanto, é importante referir que actualmente esta pescaria suporta cerca de 300 embarcações licenciadas.

De acordo com Mafuca *et al.* (não publicado), com o continuado aumento de esforço de pesca resultante do aumento da demanda de entradas para a pescaria (incluindo pesca ilegal), a produção por barco reduziu, de cerca de duas toneladas/barco/noite em 1994 para cerca de 200 Kg/barco/noite actualmente. Facto curioso, é a forma oscilatória como a captura por unidade de esforço (CPUE) foi variando ao longo dos anos. Este formato é indicativo de que outros factores para além do esforço de pesca influenciam a produção de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa. Tais factores poderão ser abióticos (hidrológicos e climáticos), uma vez que a albufeira de Cahora Bassa é um lago artificial altamente influenciado pela hidrodinâmica, pois, possui um tempo de residência de água muito curto de cerca de nove meses (Mafuca *et al.*, não publicado). Contudo, o presente estudo objectiva-se em avaliar o impacto dos factores ambientais na captura de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa usando um conjunto de dados históricos. Ainda no contexto dos impactos dos factores ambientais, pretende se também analisar a evolução do comprimento médio dos espécimes de *L. miodon* capturados, pois a diminuição do comprimento médio pode ser um dos indicadores de sobrepesca.

2. PROBLEMA DE ESTUDO

A crescente exploração dos recursos pesqueiros na albufeira de Cahora Bassa, especialmente a pesca de *L. miodon* pela frota semi-industrial mostra sinais de redução de capturas; supõe se por um lado que seja o aumento do esforço de pesca, por outro, acredita se estar relacionado a pesca ilegal. Constata-se que a captura de *L. miodon* por barco por noite vêm diminuindo ao longo do tempo, entretanto, a forma oscilatória como a captura por unidade de esforço (CPUE) está variando ao longo dos anos leva a crer que para além dos factores ora mencionados, poderão existir outros factores (ex: ambientais) contribuindo para essa tendência. É por este motivo que esta pesquisa objectiva-se em avaliar o impacto de alguns factores ambientais (temperatura do ar, precipitação, velocidade do vento, caudal afluente e nível de água) na captura de *L. miodon* na albufeira de Cahora bassa.

Estudos semelhantes já foram feitos no lago Kariba que relacionaram os factores ambientais com a abundância de *L. miodon*, como o de Marshall (1982), tendo ressaltado que o nível de nutrientes que chegava ao lago Kariba era governado pelo escoamento afluente, sendo que as capturas de *L. miodon* aumentavam após fortes fluxos no rio Sanyati. Karenge & Harding (1995), relacionaram a captura de *L. miodon* com o nível de água do lago Kariba onde concluiram que períodos de seca eram caracterizados por baixas capturas. Chifamba (2000), usando dados secundários do lago Kariba, encontrou em seu estudo que havia relações positivas entre temperatura, factores hidrológicos com *L. miodon*, mas a precipitação foi negativamente relacionada à CPUE.

A relação entre o clima, factores hidrológicos e pescarias também já foi estudada por (O'Reilly *et al*., 2003 & Ndebele-Murisa *et al.* 2011), nos lagos Tanganyica e Kariba, respectivamente, onde concluiram como estes factores estando a influenciar directamente a disponibilidade do plâncton que tem repercussões significativas sobre os estoques pesqueiros. As evidências desses impactos sobre a comunidade planctônica e, consequentemente a produção pesqueira já foram documentados para os lagos Kivu, Malawi, Kariba, Tanganyica e Victória. Entretanto, para o lago Cahora Bassa ainda não foi feito nenhum estudo que relaciona os factores ambientais com a captura de *L. miodon*, por isso surge a necessidade da realização deste trabalho como estudo de base.

3. OBJECTIVOS DA INVESTIGAÇÃO

3.1. Objectivo geral

Avaliar o impacto dos factores ambientais na captura de *Limnothrissa miodon* (kapenta) na albufeira de Cahora Bassa.

3.2. Objectivos específicos

- Estudar as variações temporais da temperatura do ar, precipitação, velocidade do vento, caudal afluente, nível de água, captura, CPUE e esforço de pesca de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa;
- Estabelecer relações entre a captura de *L. miodon* com a temperatura do ar, precipitação, velocidade do vento, caudal afluente e nível de água;
- Analisar a evolução do comprimento médio da *L. miodon* capturada na albufeira de Cahora Bassa.

4. HIPÓTESES

Ho: As variações interanuais dos factores ambientais não influenciam a captura de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa;

H1: As variações interanuais dos factores ambientais influenciam a captura de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa.

5. REVISÃO DA LITERATURA

5.1. Factores ambientais

5.1.1. Temperatura

A temperatura é um factor que desempenha um factor importantíssimo sobre todos os organismos aquáticos e os demais parâmetros químicos (Arana, 1997). A temperatura dos ecossistemas de água doce é amplamente determinada pelo clima local, temperatura do ar, radiação solar, cobertura de nuvens, humidade e vento afectando o fluxo de energia na interface ar-água (Caissie, 2006).

Com o aumento da temperatura da água, a qualidade da água fica profundamente afectada, criando condições para o aparecimento de novos predadores e patógenos no ecossistema, limita a disponibilidade de nutrientes para o plâncton, escaceando os alimentos para as espécies pesqueiras. Para Ficke *et al*. (2007), as populações de peixes que enfrentam mudanças nos regimes térmicos podem aumentar ou diminuir em termos de abundância porque podem experimentar expansões ou contrações de indivíduos ou enfrentam a extinção.

Entretanto, segundo Marshall (2021), a maioria dos lagos africanos não tem registos de temperatura da água a longo prazo e temperaturas do ar têm sido usadas como ``proxy´´ para a temperatura da água na avaliação das alterações climáticas, apesar deste não ser um indicador confiável porque a relação entre as temperaturas do ar e da água nem sempre é linear. Por exemplo (Chifamba, 2000; Magadza, 2011 & Ndebele-Murisa *et al*. 2011) consideraram a temperatura do ar no caso de estudos que fizeram no lago Kariba. Akonkwa *et al.* (2015), avaliaram o impacto das mudanças climáticas nas pescarias do lago Kivu onde também utilizaram a temperatura do ar como proxy da temperatura da água e os resultados foram satisfatórios.

5.1.2. Precipitação, nível de água e caudal afluente

Para a maioria dos principais sistemas fluviais no mundo, o tamanho das inundações sazonais são determinadas pela precipitação. Harrod (2016), refere que períodos de baixas precipitações levam a reduções na qualidade da água, visto que fluxos baixos aumentam o tempo de residência da água, a capacidade de diluição reduz aumentando a probabilidade de crescimento de algas.

Ainda Harrod (2016), refere acrescenta inundações fornecem condições migratórias e reprodutivas importantes para as espécies aquáticas, ao mesmo tempo que fertilizam as planícies de inundação proporcionando locais de desova e habitats de berçário para juvenís e locais de alimentação para adultos. Inundações extremas podem levar a mudanças marcantes na morfologia do canal do rio, perda de habitats tanto no canal como nas áreas adjacentes, por exemplo vegetação ribeirinha. Mudanças no tempo ou intensidade das inundações afecta as espécies que estão adaptadas a padrões hidrodinâmicos e ambientais; o aumento da precipitação no inverno pode levar a mais erosão e perda de habitats de desova.

5.2. Breve historial da pesca na albufeira de Cahora Bassa

Dois tipos de pesca são praticados na albufeira de Cahora Bassa, a pesca artesanal e a pesca semi industrial. A pesca artesanal foi a primeira a estabelecer-se na albufeira logo após o fecho da barragem em Dezembro de 1974. Esta pesca é praticada maioritariamente pela população local e a arte de pesca mais dominante é a rede de emalhe (Bemacsek & Lopes 1984; Vostradovsky, 1984; Mafuca, 2002). As espécies mais importantes são a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e o peixe-tigre (*Hydrocynus vittatus*).

A pesca semi industrial dedica-se a pesca de kapenta (*L. miodon*) uma espécie pelágica que foi introduzida no Lago Kariba vindo do Lago Tanganyica, por volta dos anos 1967-1968. Acredita-se que esta espécie se introduziu naturalmente em Cahora Bassa e actualmente suporta a pesca semi industrial. A pesca da *L. miodon* foi iniciada na albufeira de Cahora Bassa, por volta de 1992 quando foram descobertos grandes mananciais (Mafuca, 2002). A espécie tem hábitos pelágicos e terá colonizado rapidamente a zona pelágica da albufeira que até então não era habitada uma vez que as espécies que se podem considerar indígenas da albufeira são de origem ribeirinha e, por isso, não possuem hábitos pelágicos (*V*ostradovsky, 1984; Mafuca, 2002).

Actualmente, a *L. miodon* é o segundo produto pesqueiro mais exportado e mais valorado do país depois do camarão de superfície, como ilustram as Figuras 1 e 2.

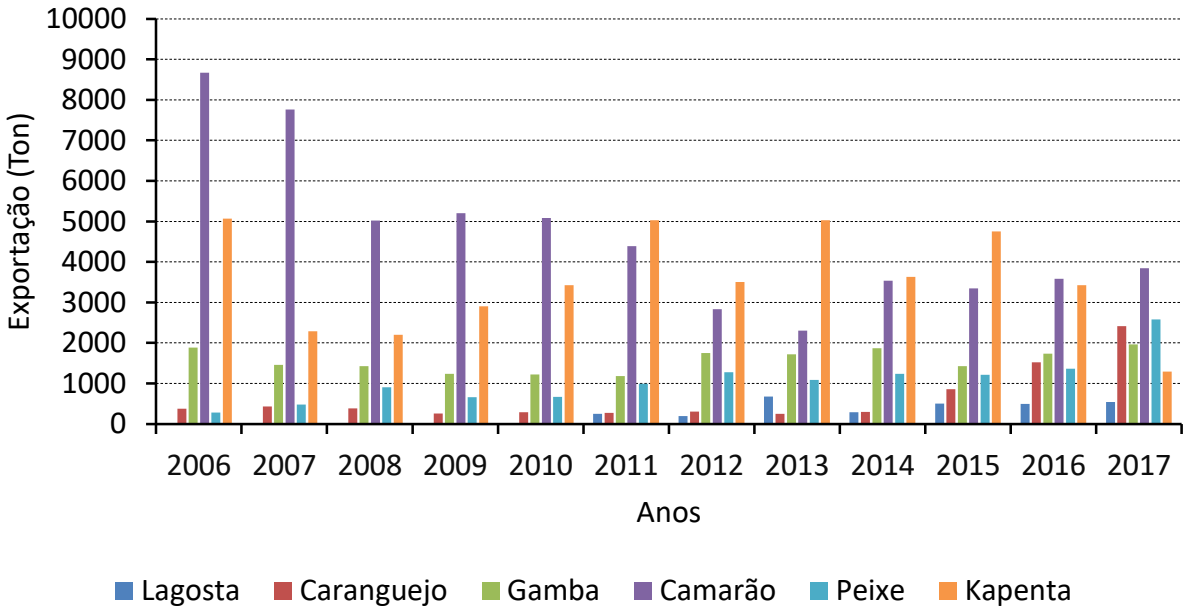


Figura. 1: Exportação da *L. miodon* em comparação com outros produtos da pesca (Fonte de dados: MIMAIP- Boletim Estatístico da Pesca e Aquacultura 2006 - 2017)

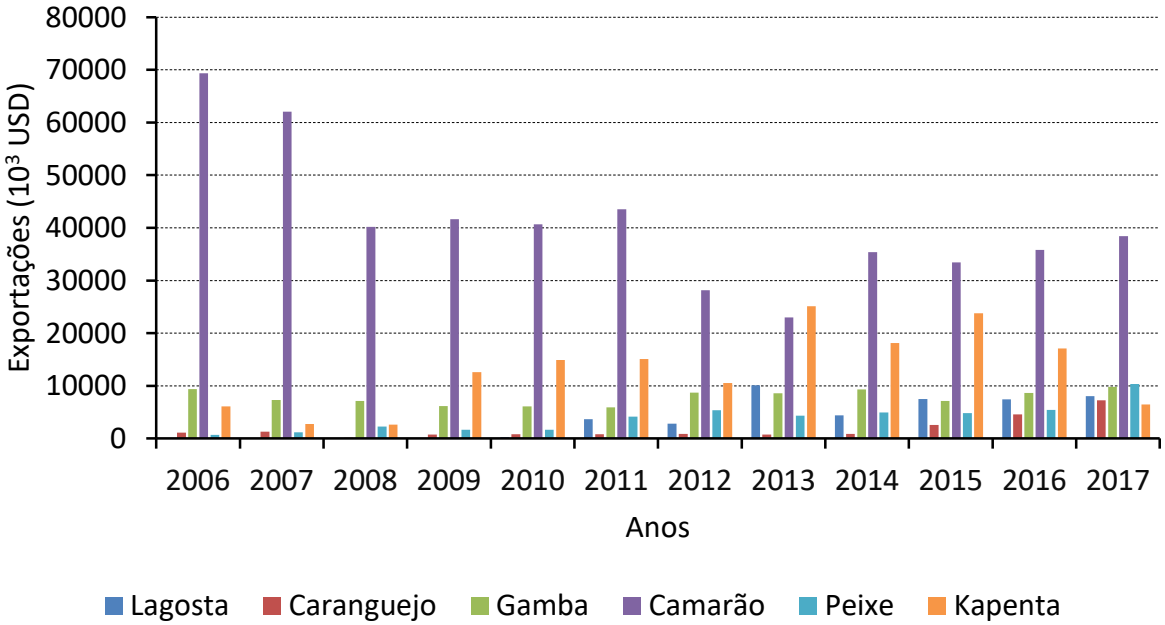


Figura. 2: Valoração da *L. miodon* em comparação com outros produtos da pesca (Fonte de dados: MIMAIP- Boletim Estatístico da Pesca e Aquacultura 2006 - 2017)

Diferentemente do camarão de superfície, a *L. miodon* é exportada apenas para o continente africano, a Figura 3 ilustra os principais destinos de exportação de *L. miodon*, entretanto, importa realçar que a maior quantidade é exportada para o vizinho Zimbabwe.

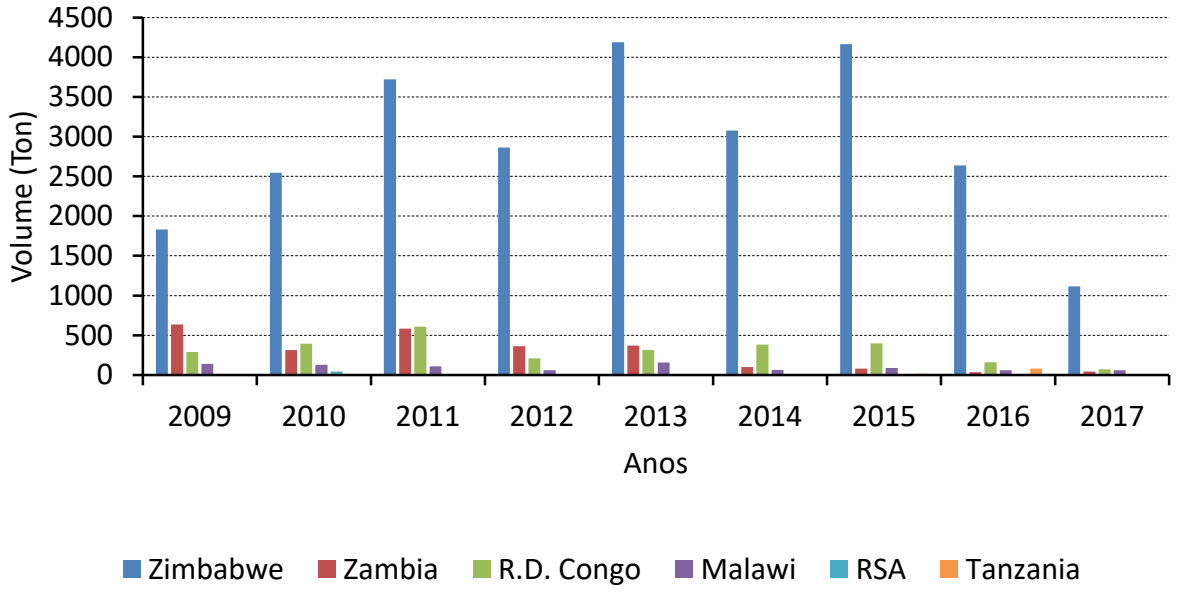


Figura. 3: Principais destinos de exportação da *L. miodon* (Fonte de dados: MIMAIP- Boletim Estatístico da Pesca e Aquacultura 2006 - 2017)

5.3. Kapenta (*L. miodon*)

5.3.1. Taxonomia

A classificação dos peixes em geral mudou com o tempo, com sistemas anteriores de Berg (1940) agora insustentáveis. Skelton (1993) em seu Guia para peixes de água doce da África Austral usou um sistema de classificação seguindo Nelson (1984). Com base em uma revisão de todos esses sistemas, a posição sistemática de *L. miodon* é dada abaixo:

Filo:	Cordados
Sub-Filo:	Vertebrados
Classe:	Osteíctios
Sub-Classe:	Actinopterygii
Ordem:	Clupeiformes
Sub-Ordem:	Clupeiodei
Família:	Clupeidae
Sub-Família:	Pellulinae
Género:	Limnothrissa
Espécie:	*Limnothrissa miodon*



Figura. 4: Amostra de *L. miodon* da albufeira de Cahora Bassa (Fonte: Autor)

5.3.2. Biologia e Ecologia

L. miodon ocorre tanto em habitats costeiros assim como em águas abertas em diferentes estágios de desenvolvimento durante seu ciclo de vida e realiza migrações verticais diárias na coluna de água. A *L. miodon* no Lago Kariba, como outros clupeídeos, tem um potencial de produtividade muito alto como resultado do ciclo de vida relactivamente curto e da relação produção/biomassa muito alta (Marshall, 1993). O tamanho máximo atingido por *L. miodon* em reservatórios é muito menor do que nos lagos naturais (Marshall, 1993). No Lago Kariba, o tamanho médio de *L. miodon* em capturas comerciais é de 30-50 mm e o seu período médio de vida é de 12 meses (Cochrane, 1978). Este contrasta com o Lago Kivu onde o comprimento máximo mal excede 100 mm (Coulter 1991), enquanto no Lago Tanganyica, onde a espécie é nativa, os tamanhos típicos da captura variam de 20 a 140 mm, dependendo da arte de pesca, com um máximo de 170 mm, e a longevidade máxima pode exceder 2,5 anos (Mannini *et al*., 1996). Mafuca (2011), refere que para o caso de Cahora Bassa esta espécie atinge o tamanho da primeira maturação com 39 mm, que é menos do que a metade do tamanho a que atinge a maturação no lago Tanganyica e Kivu, mas comparável ao tamanho da primeira maturação encontrado no lago Kariba.

Esta espécie se reproduz ao longo de todo o ano, com picos sazonais na reprodução. No Lago Tanganyica ela desova principalmente na estação chuvosa, de Novembro a Maio, também são relatados picos na desova nos meses de Agosto a Outubro no Norte do lago (Mulimbwa *et al*., 2014). Ainda segundo Mulimbwa *et al.*, (2014), este período pode variar de ano para ano, dependendo da disponibilidade de alimentação. Porém, para Mafuca (2011), na albufeira de Cahora Bassa embora esta espécie se reproduza ao longo do ano todo, atinge picos de reprodução durante a estação chuvosa (Dezembro a Janeiro). Na verdade, a maior parte da reprodução ocorre no início da época chuvosa. Este comportamento é exibido por várias espécies de peixe, pois o sincronismo da reprodução com a estação chuvosa aliada a disponibilidade de alimentos é uma estratégia comum adoptada pela maioria dos organismos vivos. No entanto, a época chuvosa constituí o período perfeito para a reprodução dada ao transporte de nutrientes aos sistemas aquáticos que são a base da productividade primária que alimenta o plancton, o alimento principal dos organismos aquáticos, principalmente os recêm nascidos.

A *L. miodon* desova em águas litorâneas rasas e os ovos eclodem no fundo (Coulter, 1991; Marshall, 1993; Huyghe, 2019). Os juvenís começam a formar cardumes quando têm um tamanho corporal de cerca de 10 mm. Nesta fase até os 15 a 40 mm de comprimento ainda

ocorrem perto da costa (Coulter, 1991; Huyghe, 2019). Quando os juvenís amadurecem movem-se gradualmente para águas pelágicas mais profundas. Dentro do Lago Tanganyica, os machos de *L. miodon* amadurecem em torno de 64 mm e as fêmeas em torno de 75 mm de comprimento (Marshall, 1993).

5.3.3. Hábitos alimentares

L. miodon é um predador visual, ele se alimenta principalmente ao anoitecer e ao amanhecer quando a comunidade zooplanctônica está mais próxima da superfície e quando ainda há suficiente luz para caçar (Coulter, 1991). No Lago Tanganyica, *L. miodon* tem uma dieta mais variada, provavelmente devido ao seu estilo de vida mais litorâneo (Huyghe, 2019). A dieta principal de *L. miodon* inclui ciclopóides, calanóides, camarões atídeos, larvas de insectos e clupeídeos juvenís (Coulter, 1991). Ainda Coulter (1991) relatou que *L. miodon* grande em torno de 1 ano de idade (100 mm comprimento) movem-se para a zona pelágica e tornam-se principalmente piscívoros.

No Lago Kariba, espécies menores de Cladocera (Bosminopsis deitersi, Bosmina longirostris e Ceriodaphnia cornuta) são as principais presas de *L. miodon*, seguido por Copepoda imaturo (nauplios, copepoditos e Diaphanosoma excisum) e Rotífera. Sua dieta também inclui outros crustáceos, insectos aquáticos e fitoplâncton (Mandima, 1999).

A disponibilidade de alimentos tem impacto sobre o tamanho de maturidade, fecundidade e sobrevivência juvenil da *L. miodon* (Mandima, 1999). A *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa alimenta-se de todas as espécies de crustáceos presentes no lago (Gliwicz, 1986). Ainda segundo Gliwicz (1986), dentro deste lago, as flutuações relacionadas ao ciclo lunar do zooplâncton parecem ser o resultado de variação da eficiência da alimentação da kapenta. Ela se alimenta mais intensamente de zooplâncton durante a lua cheia em comparação com o período da lua nova.

6. METODOLOGIA

6.1. Descrição da área de estudo

A albufeira de Cahora Bassa é um lago artificial localizado no curso médio do Rio Zambeze entre as Latitudes 15° 29' e 16° 00' S e Longitudes 30°25' e 32° 44' E (Figura.7). É a segunda maior barragem construida ao longo do Rio Zambeze e a segunda maior massa de água doce do país, depois de lago Niassa (Mafuca, 2002). Estende-se desde a fronteira com a Zâmbia e o Zimbabwe até ao centro da Província de Tete, banhando os distritos do Zumbo, Mágoè, Marávia e Cahora-Bassa.

A albufeira possui aproximadamente 246 km de comprimento, profundidade máxima de 133,0 metros (correspondente a uma cota de 321m do nível médio do mar) e profundidade média de 18,5 metros e uma largura máxima de 39,8 km. A linha de costa é estimada em cerca de 1775 km (Bond *et al.,* 1978, Vostradovsky, 1984, Mafuca, 2002). Tem uma orientação Este-Oeste e é dividida em sete bacias, nomeadamente: Zumbo, Mussenguezi, Máguè, Chicoa, Carinde, Mucanha e Garganta.

A hidrologia do lago é fortemente afectada pelas flutuações anuais resultantes das descargas da barragem que fazem parte das regras operacionais da albufeira. Entretanto, estas flutuações são citadas como tendo implicações ecológicas afectando a ictiofauna habitante da albufeira (Payne, 1986; Bernacsek & Lopes, 1984; Mafuca, 2002). Segundo Gliwicz (1986), a albufeira é estratificada durante os meses de outubro a Março e totalmente misturada durante os meses de Abril a Setembro, período em que a água do lago fica fortemente turva.

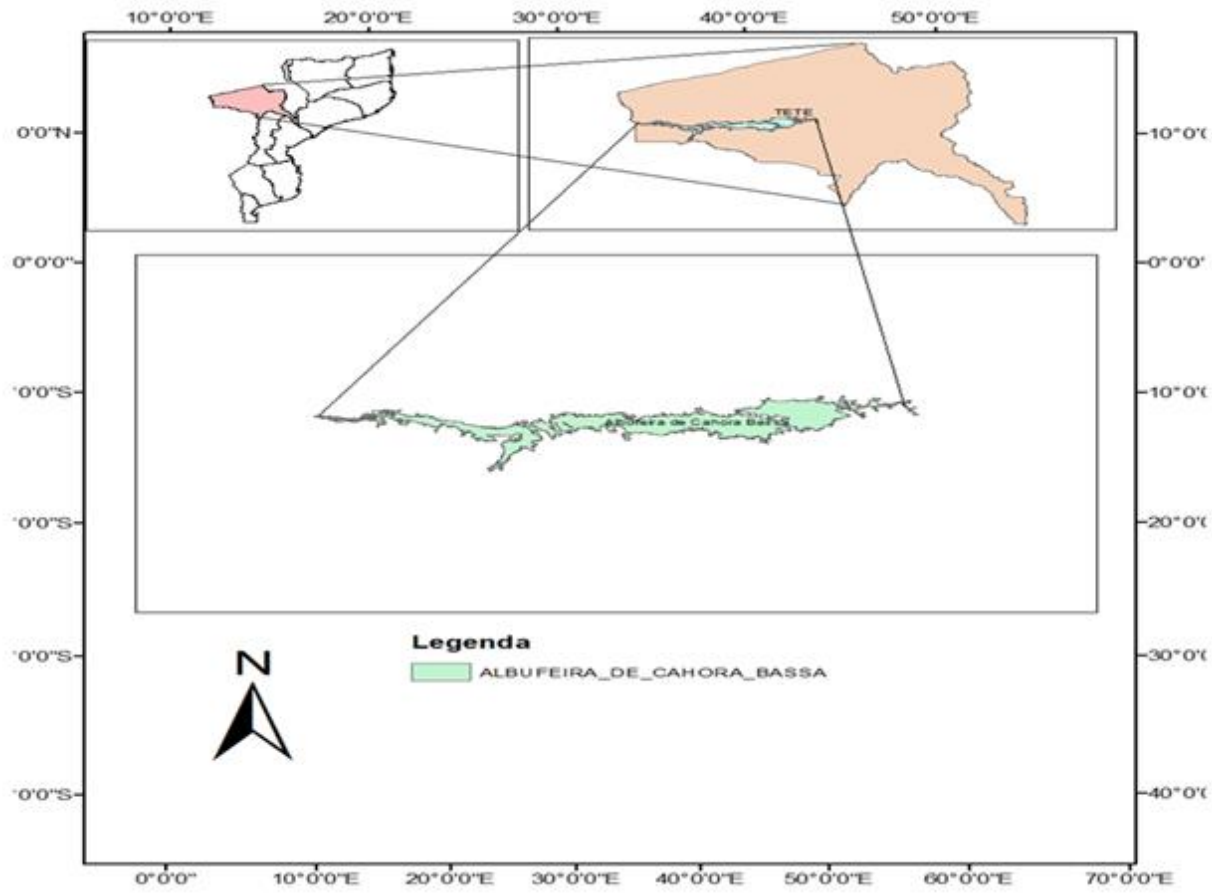


Figura. 5: Localização geográfica da albufeira de Cahora Bassa (Fonte: Autor)

O clima é predominantemente do tipo "Seco de Estepe com Inverno Seco" (classificação de Köppen), modificado localmente pela altitude, com duas estações distintas, a estação chuvosa (muito curta) e a seca (muito longa). A precipitação média anual é cerca de 635 mm, enquanto a evapotranspiração potencial média anual está na ordem dos 1.623 mm (Perfil do Distrito de Cahora Bassa, 2014).

A maior queda pluviométrica ocorre sobretudo no período compreendido entre Dezembro de um ano a Fevereiro do ano seguinte, variando significativamente na quantidade e distribuição, quer durante o ano, quer de ano para ano, e a temperatura média está na ordem dos 26.1ºC. As médias anuais máxima e mínima são de 34.1 e 18.1ºC, respectivamente (MAE, 2014).

6.2. Fonte de dados

Os dados utilizados para a realização deste estudo, são os seguintes: Temperatura do ar (ºC), Precipitação (mm), Velocidade do vento (m/s), Caudal afluente (m^3/s), Nível de água (m), Captura Total (ton), CPUE (ton/barco/noite), Esforço de pesca (noites de pesca) e Comprimento Total da kapenta (mm).

Os dados de caudal afluente e nível de água da albufeira de Cahora Bassa foram adquiridos junto à Direcção de Recursos Hídricos e Ambiente da empresa Hidroeléctrica de Cahora Bassa. Os dados do nível de água foram colectados no paredão localizado a 15º35´10.88´´S e 32º42´18.80´´E e os dados de caudal afluente foram estimados através da soma do caudal turbinado e o descarregado desde 1990 até 2020. Os dados de precipitação e temperatura do ar foram adquiridos também junto à Direcção de Recursos Hídricos e Ambiente da empresa Hidroeléctrica de Cahora Bassa, colectados na estação meteorológica situada na Sub-Estação do Songo localizada a 15º36´46.09´´S e 32º44´.54.85´´E (Figura 6) desde 1990 até 2020. Todavia, recorreu se a dados de temperatura do ar devido a falta de dados de temperatura da água correspondentes a série temporal requerida no trabalho.

Os dados de velocidade do vento foram adquiridos no Instituto Nacional de Meteorologia-Delegação de Tete, colectados na estação meteorológica do Aeródromo do Songo, localizada a 15º36´20.39´´S e 32º46´24.20´´E (Figura 6), desde 1990 até 2020.

Os dados referentes a captura, esforço de pesca e CPUE foram obtidos junto à Administração Nacional das Pescas (ADNAP)-Delegação de Tete, colectados ao longo da albufeira de Cahora Bassa pelos armadores semi industriais da pesca de kapenta e fornecidos regularmente à ADNAP Tete. Estes dados são referentes ao período entre 1995 e 2020.

E os dados de comprimento total da kapenta foram obtidos no Instituto Nacional de Investigação Pesqueira-Delegação de Tete, colectados ao longo da albufeira de Cahora Bassa durante os crizeiros de biomassa de kapenta. Estes dados são referentes ao período entre 2002 e 2020.

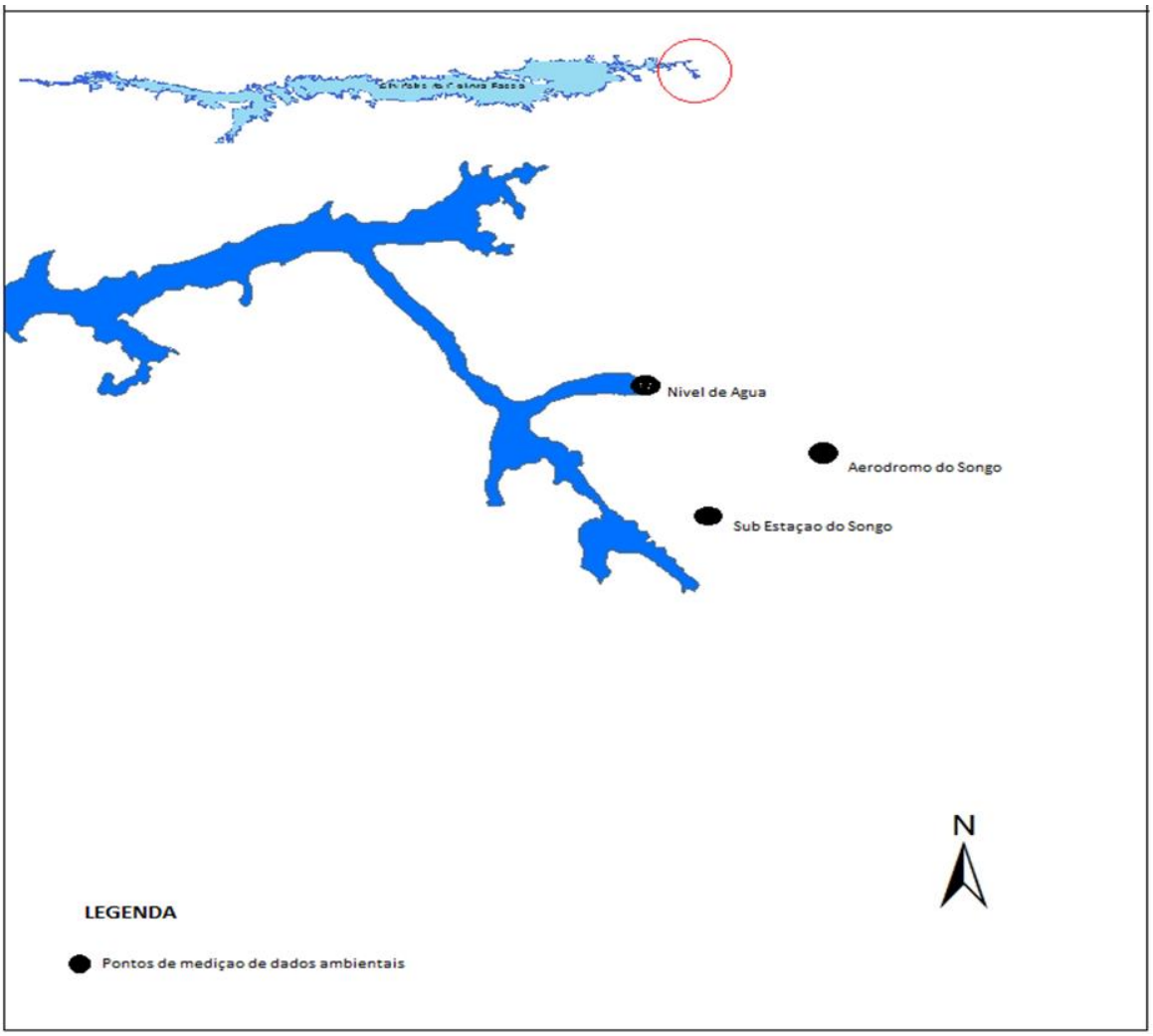


Figura. 6: Pontos de medição de dados ambientais (Fonte: Autor)

6.3. Processamento e Análise de Dados

6.3.1. Variações temporais dos factores ambientais.

Para a análise das variações sazonais e interanuais dos factores ambientais, calculou-se os totais anuais da precipitação e médias anuais da série de 30 anos (1990-2020) considerando o ano hidrológico (de Outubro de um ano dado à Setembro do ano seguinte), de modo a incluir um único verão e um único inverno. Sendo assim, a estação chuvosa começa em Outubro e termina em Março e estação seca vai de Abril até Setembro. Os valores foram processados e apresentados em forma de gráficos com ajuda do programa estatístico Excell.

6.3.2. Variações temporais da captura, esforço de pesca e CPUE

Para o caso de captura, esforço de pesca e CPUE de *L. miodon*, as análises foram feitas tendo em conta o ano comum (de Janeiro a Dezembro), porque a campanha da pesca semi industrial na albufeira de Cahora Bassa inicia em Janeiro e termina em Dezembro do mesmo ano. Os valores foram processados e apresentados em forma de gráficos com ajuda de programa estatístico Excell.

6.3.3. Relação entre a captura de *L. miodon* e factores ambientais

Foram analisadas as relações entre a captura e os factores ambientais (precipitação, temperatura do ar, velocidade do vento, caudal afluente e nível de água) utilizando o programa estatístico Excell para testar os modelos de regressão linear simples. Os resultados foram apresentados em forma de gráficos e os coeficientes de correlação foram apresentados em forma de tabelas. De salientar que optou-se pela captura total ao invés da CPUE pelo facto de o esforço de pesca (Nº de barcos activos/Noites de pesca) no caso da albufeira de Cahora Bassa não ser fiável devido a vários factores de ordem organizacional das empresas e de conflito de interesses, o esforço de pesca não traduz o real esforço empreendido, por isso foi usada a captura como indicador de produção de pescado em vez da CPUE.

6.3.4. Evolução do comprimento de *L. miodon*

A evolução do comprimento médio de uma espécie alvo ajuda a entender se o manancial está sobrepescado ou não, pois quando o manancial sofre pressão de pesca, o tamanho dos indivíduos tende a diminuir tendo em conta que a estratégia de reprodução da *L. miodon* é (r). Os seres vivos pertencentes a esta estratégia quando estão sob pressão preocupam se basicamente com a reprodução em massa como forma de reposição da espécie para evitar extinção. Para o cálculo do comprimento médio de *L. miodon* recorreu-se a seguinte fórmula:

$$CM = \frac{\sum Xi * Fi}{\sum Fi}$$

Onde: $\boldsymbol{CM} - Comprimento\ Médio$

$\boldsymbol{Xi} - Classe\ de\ Comprimento$

$\boldsymbol{Fi} - Frequência$

7. RESULTADOS

7.1. Variações sazonais e interanuais dos factores ambientais

A precipitação da região, avaliada com base em dados da estação meteorológica do Aeródromo de Songo desde 1990-2020 é caracterizada por duas estações distintas. A estação chuvosa e quente que vai de Outubro a Março e a estação seca que abrange os meses de Abril a Setembro. As precipitações mensais variam de um mínimo de 2,2 mm durante o período seco, a cerca de 244 mm durante o período chuvoso (Figura 7A).

No que se refere a variação interanual, a série temporal da precipitação apresentou variações interanuais ($R = -0.1504$; $p = 0.4276$) durante o período de observação (Figura 7B). A maior precipitação (1580mm) foi registada no ano de 1996/97 e a menor (384 mm) no ano de 1991/92. É importante realçar que no período entre 2002 até 2015 a precipitação caracterizou-se por uma estagnação (sem variações significativas). Contudo, os resultados apresentados neste estudo revelam uma tendência de ligeira redução da precipitação numa média de cerca de 120 mm durante o período de 1990 á 2020. Entretanto, constatou se que de uma forma geral o início da década de 90 foi marcado essencialmente por estiagem.

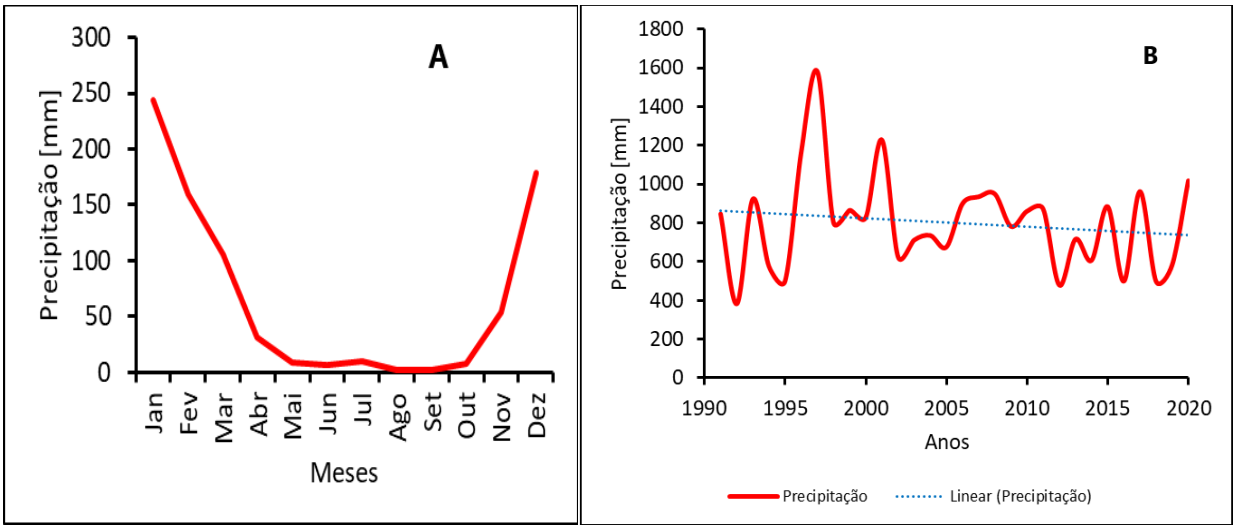


Figura 7: Variação Sazonal da precipitação (A) e Variação Interanual da Precipitação (B), na Estação Meteorológica da Sub Estação do Songo desde 1990-2020.

As temperaturas médias mensais variaram entre o mínimo de 18,5 °C durante o período de inverno (seco) e 26,4 °C durante o período de verão (chuvoso), segundo dados da estação meteorológica do Aeródromo de Songo desde 1990-2020 (Figura 8A).

Nas variações interanuais, a temperatura média anual aumentou significativamente ($p = 0.0382$). Depois de uma regressão linear, constatou-se que a temperatura aumentou cerca de 0.6 ºC ($R = 0.3802$) durante o período de 1990 até 2020 (Figura 8B). A temperatura mais baixa registou-se no ano 2003/2004 e a mais alta no ano 2006/2007. Os resultados desta série temporal demonstram um aumento considerável da temperatura do ar ao longo da região da albufeira de Cahora Bassa neste período de estudo. Tendo em conta que a temperatura da água é grandemente influenciada pelo clima local, isto significa que a temperatura da água aumenta com o aumento da temperatura do ar e como consequência a qualidade da água fica profundamente afectada, criando condições para o aparecimento de novos predadores e patógenos no ecossistema, limitando a disponibilidade de nutrientes para o plâncton, escaceando os alimentos para os níveis tróficos subsequentes.

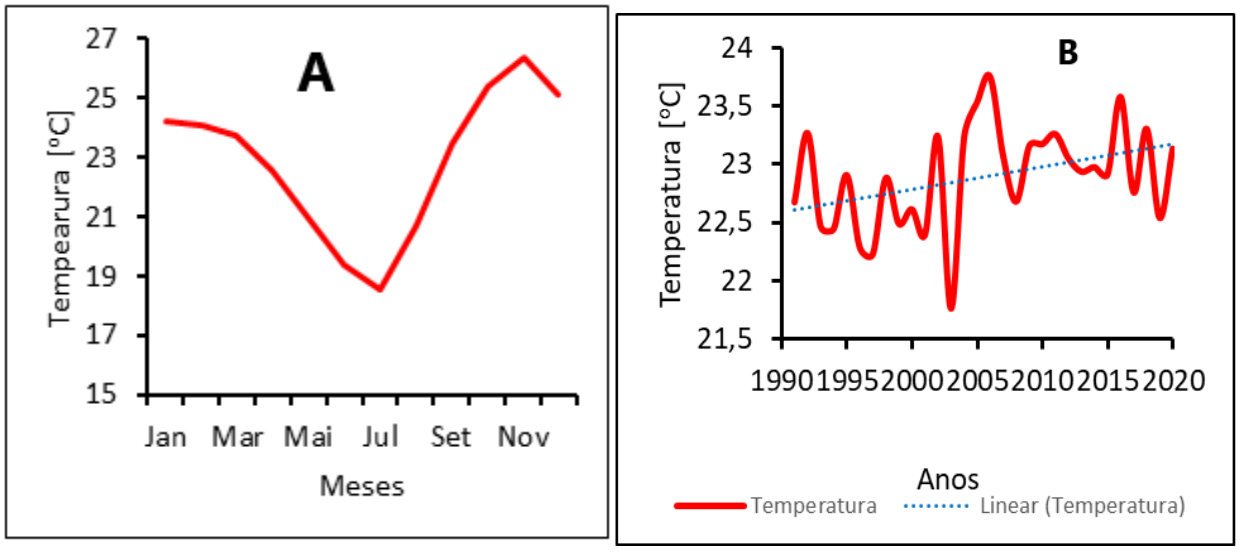


Figura 8: Variação Sazonal da Temperatura do Ar (A) e Variação Interanual da Temperatura do Ar (B) na Estação Meteorológica da Sub Estação do Songo desde 1990-2020

Os ventos predominantes nesta região são de Sudeste, que ocorrem durante quase todo o ano, seguidos de ventos Nordeste. A velocidade média mensal apresentou dois picos máximos. O primeiro máximo registou-se no início da época seca (Abr-Jun) e o segundo no início da época

chuvosa (Set-Nov), como ilustra a figura 9A. A velocidade média anual, de acordo com os dados usados neste estudo apresentou um aumento considerável em cerca de 5,9 m/s ($P = 0.0000$ e $R = 0.7683$) (Figura 9B). A maior velocidade do vento (13,2m/s) foi registada no ano 2014/15 e a menor (4.9m/s) foi no ano 1990/91. Os resultados do presente estudo mostram que de uma forma geral, a tendência da velocidade média anual do vento foi de aumentar.

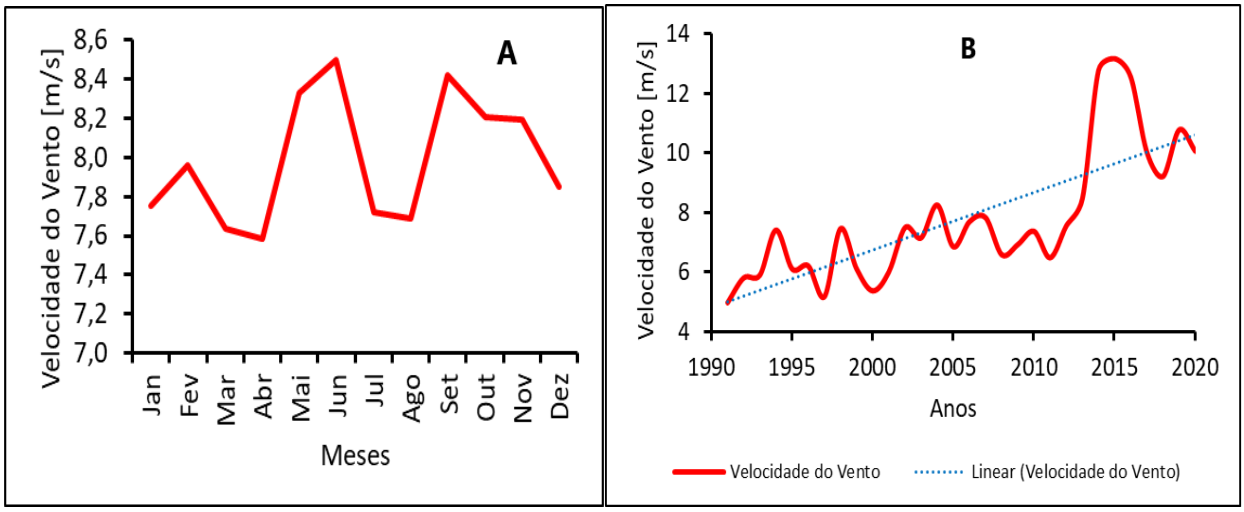


Figura 9: Variação Sazonal da Velocidade do Vento (A) e Variação Interanual da Velocidade do Vento (B) na Estação Meteorológica do Aeródromo do Songo desde 1990-2020

O caudal afluente para a albufeira de Cahora Bassa é resultado maioritariamente do caudal descarregado da barragem de Kariba, do rio Dwangua (proveniente da Zâmbia) e muito pouco da precipitação local. De acordo com a figura 10A, os grandes volumes de caudal são registados nos meses de Janeiro à Março e os mais baixos nos meses de Setembro à Novembro.

No que se refere as variações interanuais, o caudal afluente de acordo com a série temporal aumentou consideravelmente em cerca de 840 m^3/s ($p = 0.0134$ e $R = 0.4466$) (Figura 10B). O maior caudal afluente (3310m^3/s) registou-se no ano de 2000/01 e o menor (849m^3/s) no ano de 1994/95. De uma forma geral, pode se afirmar que desde o ano de 1990 até 2020 o caudal afluente para a albufeira de Cahora Bassa teve uma tendência de aumentar.

O nível de água armazenada na albufeira atinge o seu pico máximo nos meses de Março à Maio e o mínimo de Novembro à Janeiro. Isto acontece como forma de dar tempo de resposta às precipitações locais e escoamentos provenientes da montante (Figura 10C).

A média anual do nível de água armazenada na albufeira depois de uma regressão linear, apresentou um significativo aumento ($p = 0.0000$ e $R = 0.6094$) durante o período em análise (Figura 10D). Este resultado revela um aumento do volume de água armazenada de cerca de 7,2 m.

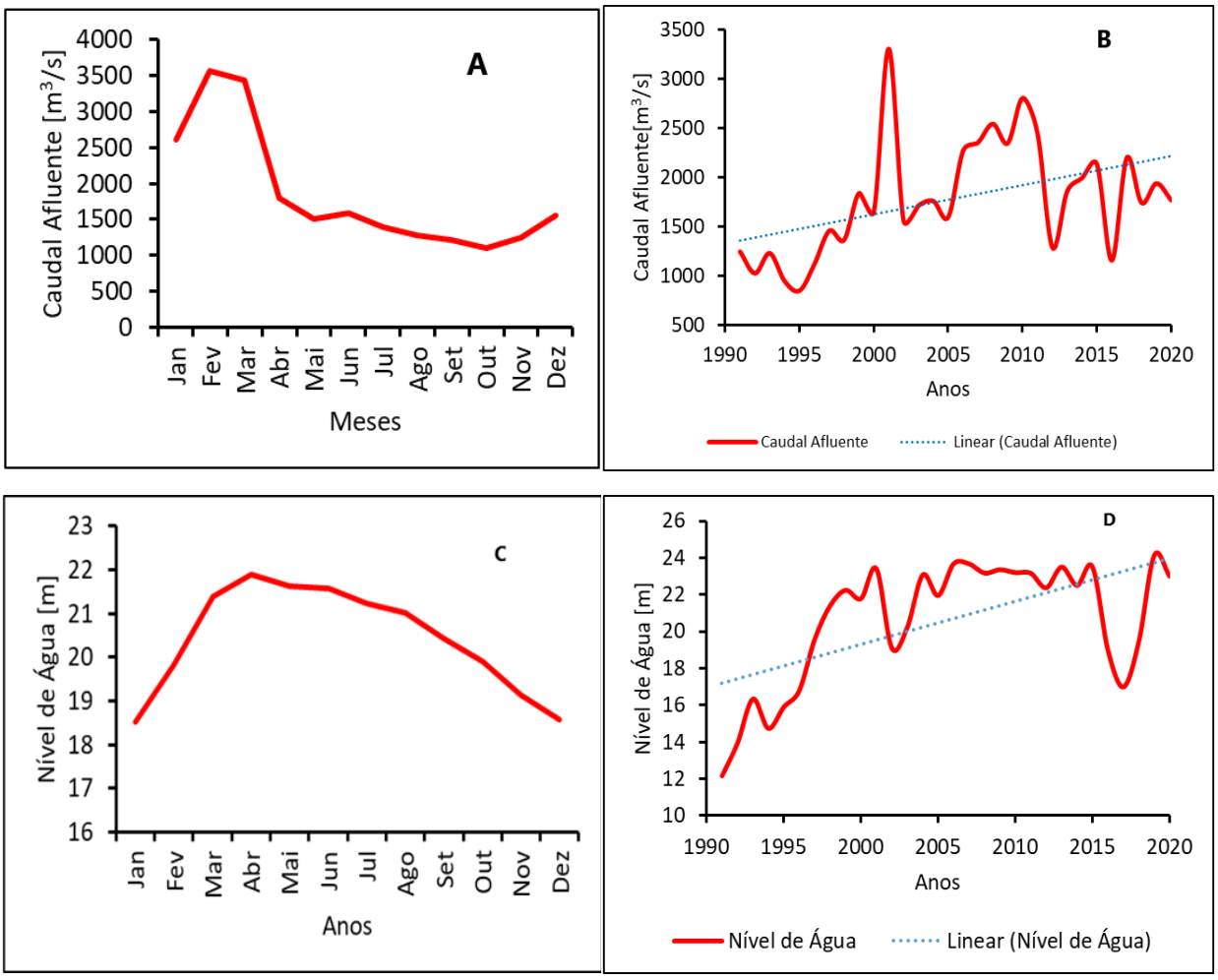


Figura 10: Variação sazonal e interanual do Caudal Afluente (A, B); e Variação sazonal e interanual do Nível de Água (C, D) na Albufeira de Cahora Bassa desde 1990-2020.

7.2. Variações sazonais e interanuais da captura, esforço de pesca e CPUE de *L. miodon.*

A captura de *L. miodon* apresentou dois máximos, sendo um no primeiro semestre (menor) e outro no segundo semestre (maior) comparativamente, como ilustra a Figura 11A. As variações interanuais da captura no período em referência apresentaram um aumento significativo ($R = 0.4117$ e $p = 0.0367$) (Figura 11B). A maior captura de *L. miodon* foi registada no ano 2004 com cerca de 18000 toneladas e a menor no ano 1995 com cerca de 4000 toneladas. Fazendo uma análise por partes do comportamento da captura nota-se que houve um aumento progressivo da captura desde o ano de 1995 até 2004, deste ano até 2020 a tendência da captura foi de reduzir com algumas oscilações interanuais.

O comportamento do esforço de pesca exercido sobre o recurso desde o ano de 1995 até 2020 apresentou também dois máximos, sendo o primeiro durante os meses de Fevereiro e Abril e outro nos meses de Agosto à Outubro. É importante frisar que também o segundo pico é mais alto comparativamente ao primeiro, significando que houve maior número de barcos disponíveis para pescar neste período do ano (Figura 11C). Nas variações interanuais, o esforço de pesca na albufeira registou um grande aumento, de 9745 noites de pesca em 1995 para 93226 noites de pesca em 2019 ($R = 0.9220$ e $p = 0.0000$), como ilustra a Figura 11D. De realçar que o esforço de 9745 noites de pesca era correspondente a 38 barcos em 1995, aumentou para cerca de 46000 (127 barcos) noites de pesca em 1997. Este esforço permaneceu quase inalterado do início até o ano 2008, entretanto, desde 2008 até 2020 a tendência foi de aumentar com maior destaque para o ano 2019 que registou o pico mais alto da história (93226 noites de pesca).

A CPUE também apresentou dois máximos sendo um no primeiro semestre e outro no segundo semestre, entretanto, as magnitudes são inversas aos máximos sazonais do esforço de pesca e da captura, isto é, o pico do primeiro semestre apresentou maior CPUE e o do segundo semestre apresentou menor CPUE como ilustra a Figura 11E.

Da Figura 11F pode constatar-se uma progressiva redução da CPUE ($R = -0.7399$ e $p = 0000$) desde o início da pesca em 1995 até 2020. O maior rendimento da pesca de *L. miodon* registou-se no primeiro ano de pesca (1995) com uma média de cerca de 487 kg/barco/noite e o menor registou-se no ano 2020 com cerca de 86 kg/barco/noite. Analisando esta série temporal verifica-se que a CPUE diminuiu cerca de 260 kg/barco/noite em todo período de análise.

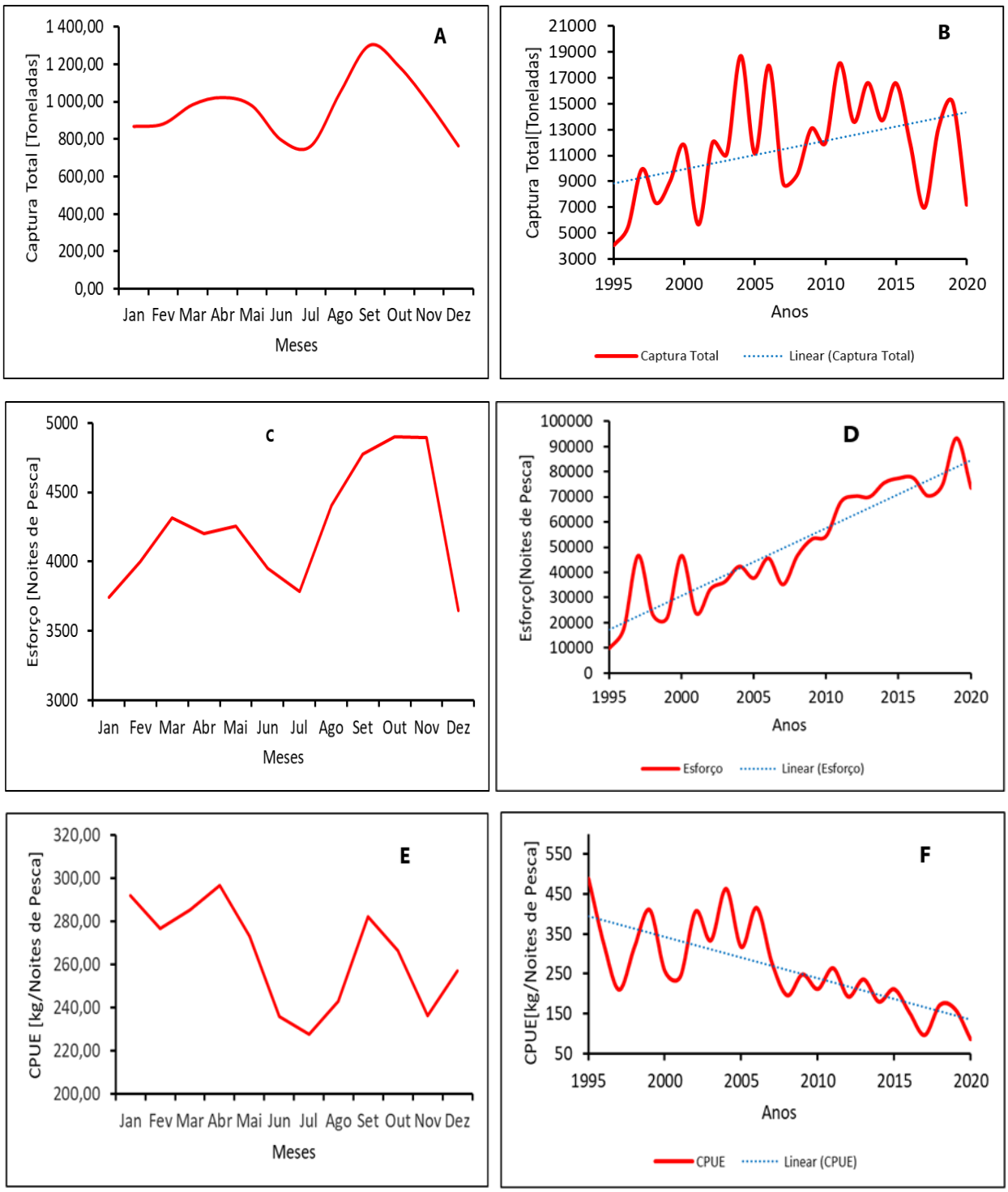


Figura 11: Variação Sazonal e Interanual de Captura (A, B); Variação Sazonal e Interanual do Esforço de Pesca (C, D); Variação Sazonal e Interanual da CPUE (E, F) de *L. miodon* na Albufeira de Cahora Bassa desde 1995-2020.

7.3. Relação entre a captura de *L. miodon* e os factores ambientais

As (Figura 12, Figura 13, Figura 14, Figura 15 e Figura 16) apresentam as relações da captura de *L. miodon* com a precipitação, temperatura do ar, velocidade do vento, caudal afluente e nível de água, respectivamente na albufeira de Cahora Bassa no período entre 1995 até 2020.

Teóricamente sabe-se que para a disponibilidade de nutrientes na água e facilitação do recrutamento dos peixes, a precipitação desempenha um papel muito importante neste processo. No caso em alusão constatou-se que na série temporal a precipitação teve uma ligeira redução. Analisando o comportamento oscilatório da precipitação e da captura de *L. miodon* nota-se alguma relação inversa entre estes onde os picos de captura coincidem com vales de precipitação, isto é, anos de muita precipitação eram caracterizados por baixas capturas (Figura 12). Esta relação inversa está evidenciada principalmente nos trechos do início da série, nos anos 1995 a 1997, nos anos 2002 até 2020. Isto leva a crer que entre estes dois parâmetros existe uma relação inversa e o seu coeficiente de correlação consta da Tabela 1.

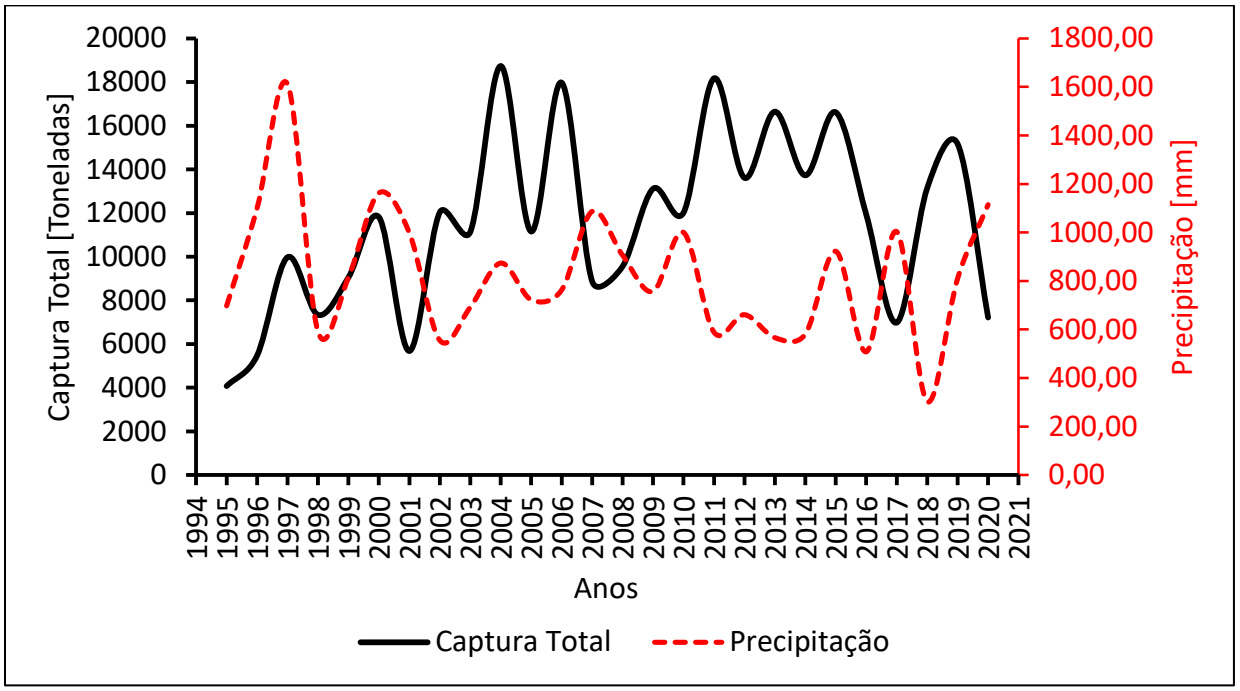


Figura 12: Relação entre a Captura de *L. miodon* e a Precipitação na Albufeira de Cahora Bassa

Tabela 1: Relação da captura de *L. miodon* com a precipitação

Parâmetros		Período	Correlação [R]	p-value	Intervalo de Confiança [α]
P [mm]	Captura [Ton]	1995-2020	-0.33	0.099	0.05

Legenda: P – Precipitação.

A temperatura do ar está intrinsecamente relacionada com a temperatura da água apesar de não ser de forma linear, mas geralmente quando a temperatura do ar aumenta a temperatura da água também tende a aumentar e como consequência muitas reações metabólicas ficam afectadas. Analisando a relação entre a captura de *L. miodon* e a temperatura do ar constata-se que os picos máximos da temperatura média anual ao longo da série coincidem em muitos pontos com picos altos de captura de *L. miodon* (Figura 13). Entretanto, é importante frisar que nalguns períodos ao longo da série, estes dois parâmetros não coincidem, especialmente no início da série até o ano 2000/01 e no intervalo entre os anos 2011/12 até 2014/15. Apesar deste desfasamento é razoável afirmar que a temperatura do ar tem uma relação directa com a captura de *L. miodon* e o coeficiente de correlação consta da Tabela 2.

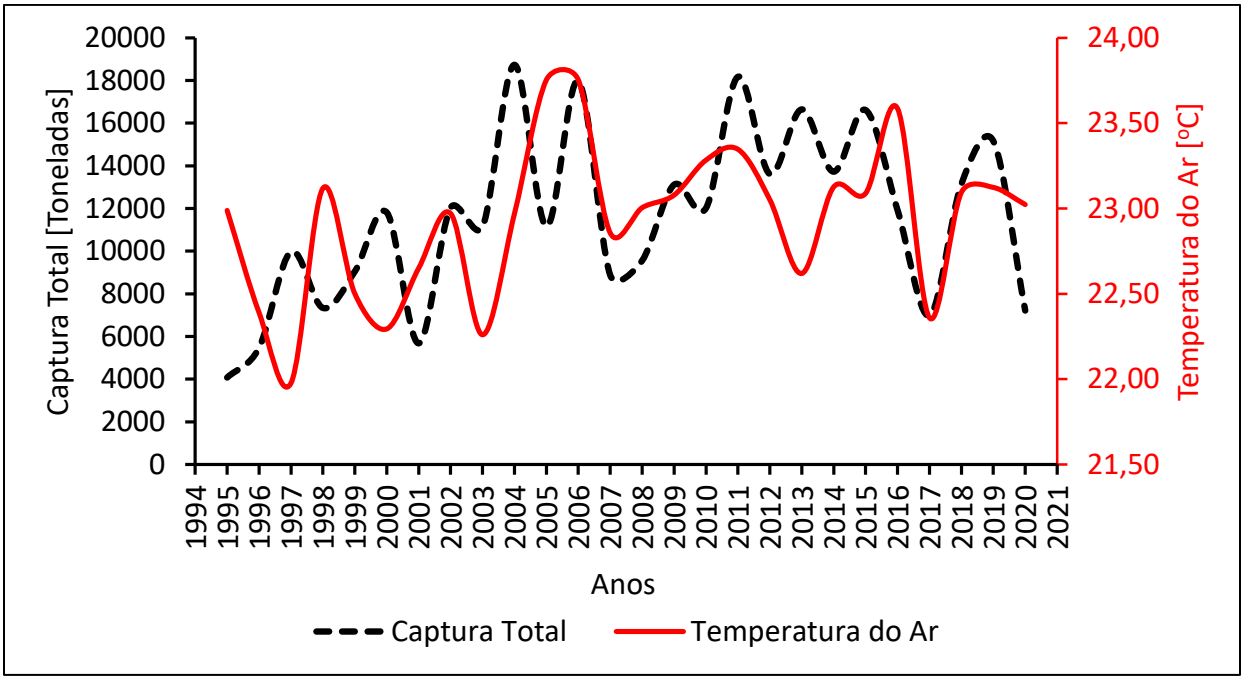


Figura 13: Relação entre a Captura de *L. miodon* e a Temperatura do Ar na Albufeira de Cahora Bassa

Tabela 2: Relação da captura de *L. miodon* com a temperatura do ar.

Parâmetro		Período	Correlação [R]	p-value	Intervalo de Confiança [α]
T [^{o}C]	Captura [Ton]	1995-2020	0.39	0.047	0.05

Legenda: T – Temperatura do Ar.

A relação entre a captura de *L. miodon* e a velocidade do vento está apresentada na Figura 14. Analisando a sua série temporal constata-se que a relação é directa e o coeficiente de correlação consta da Tabela 3. Esta constatação surge pelo facto das cristas e valas das duas séries temporais serem coincidentes na maior parte da série, apesar de apresentar alguns desfasamentos no início, especialmente entre os anos 1995 a 2001. Isto revela que o vento desempenha um papel importante na mistura da coluna de água e com isto quebrar a estabilidade da coluna da água. Quando a coluna de água estiver instável, ocorre a troca de nutrientes (mistura) entre as águas subsuperficiais (ricas) em nutrientes com as águas superficiais. Não só, como também favorece a saturação do oxigénio atmosférico na água que facilita o metabolismo dos organismos aquáticos.

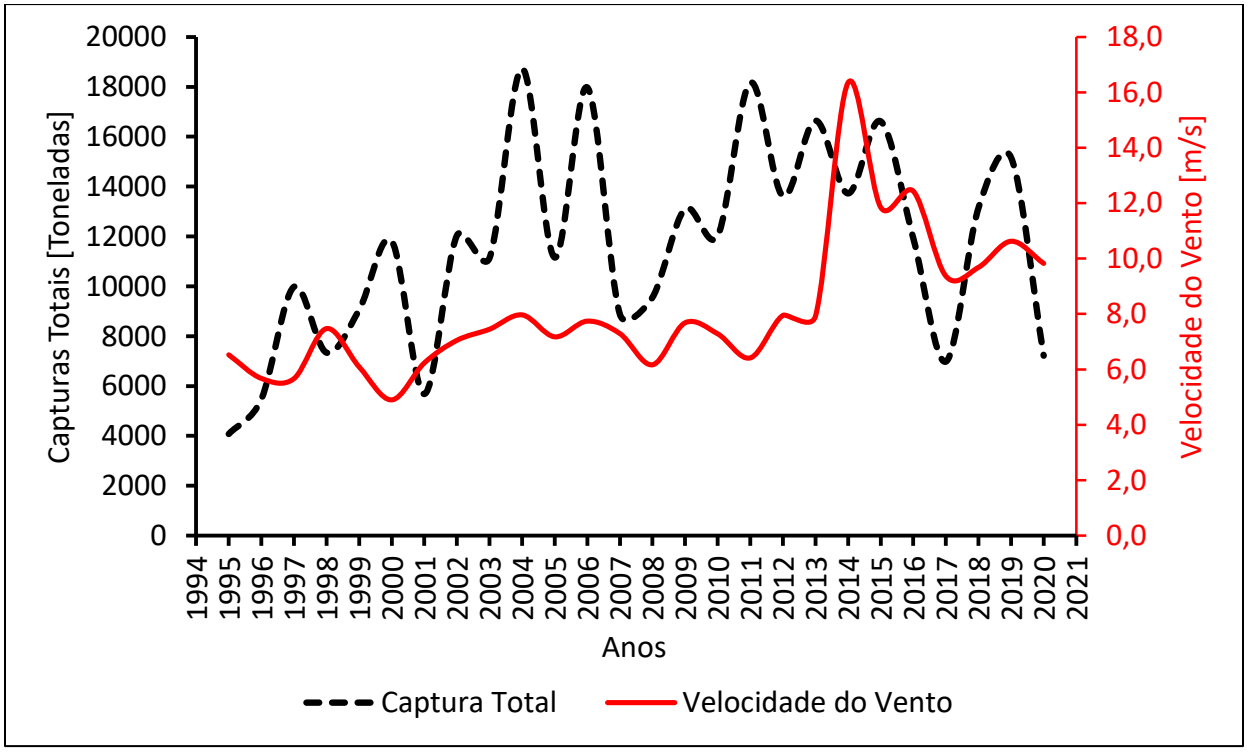


Figura 14: Relação entre a Captura de *L. miodon* e Velocidade do Vento na Albufeira de Cahora Bassa

Tabela 3: Relação da captura de *L. miodon* com a velocidade do vento

Parâmetro		Período	Correlação [R]	p-value	Intervalo de Confiança [α]
V [m/s]	Captura [Ton]	1995-2020	0.47	0.017	0.05

Legenda: V – Velocidade do Vento.

A Figura 15 mostra a relação entre a captura de *L. miodon* e o caudal afluente. Fazendo uma análise destas duas séries temporais, nota-se claramente que existe uma relação directa entre estes dois parâmetros, isto é, anos de elevados caudais são caracterizados por elevadas capturas e anos de baixos caudais são caracterizados por baixas capturas. No que concerne aos desfasamentos ao longo das séries, importa referir que houve duas consideráveis, a primeira no ano 2000/01 e a segunda no ano 2007/08, as outras são pouco pronunciadas e as suas relações de covariância estão apresentadas na Tabela 4.

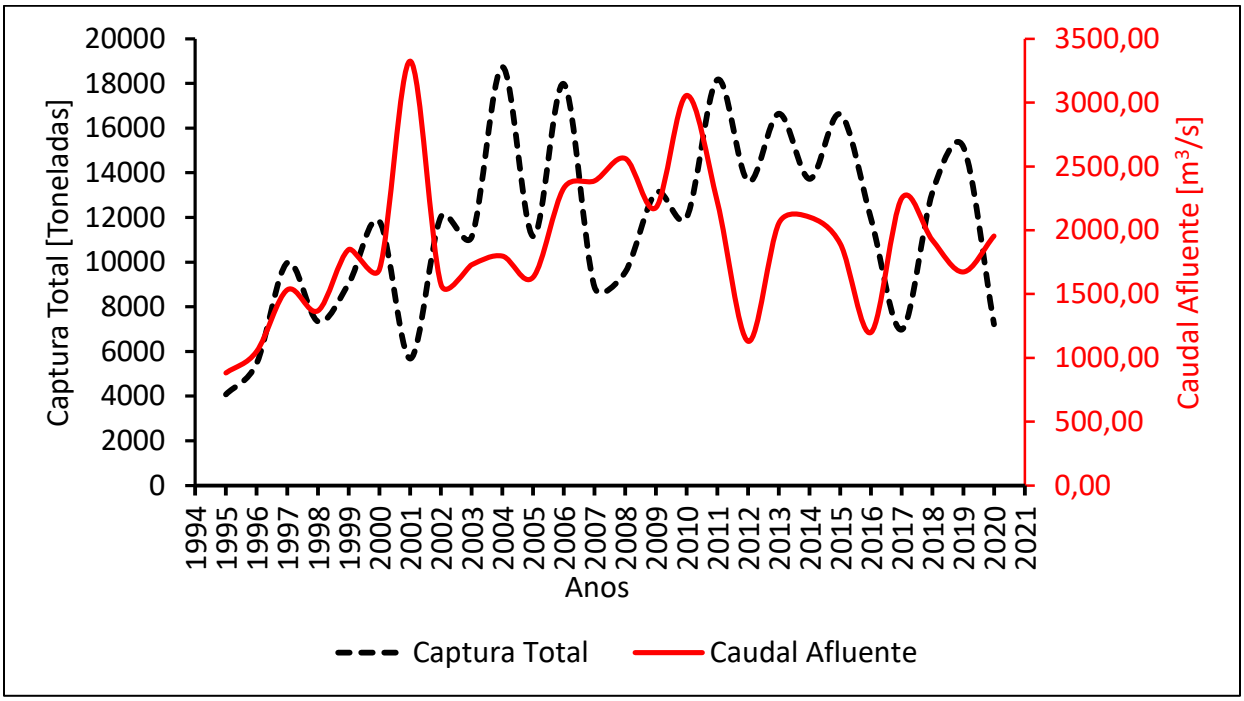


Figura 15: Relação entre a Captura de *L. miodon* e o Caudal Afluente na Albufeira de Cahora Bassa

Tabela 4: Relação da captura de *L. miodon* com o caudal afluente.

Parâmetro		Período	Correlação [R]	p-value	Intervalo de Confiança [α]
CA [m^3/s]	Captura [Ton]	1995-2020	0.11	0.599	0,05

Legenda: CA – Caudal Afluente.

O nível de água da albufeira de Cahora Bassa está intimamente ligado ao caudal afluente que neste caso não é muito influenciado pela precipitação local. As séries temporais que relacionam a captura da *L. miodon* com o nível de água apresentam coincidências no que concerne aos picos e vales, significando que existe uma relação directa entre estes dois parâmetros (Figura 16). A Tabela 5 apresenta o coeficiente de correlação.

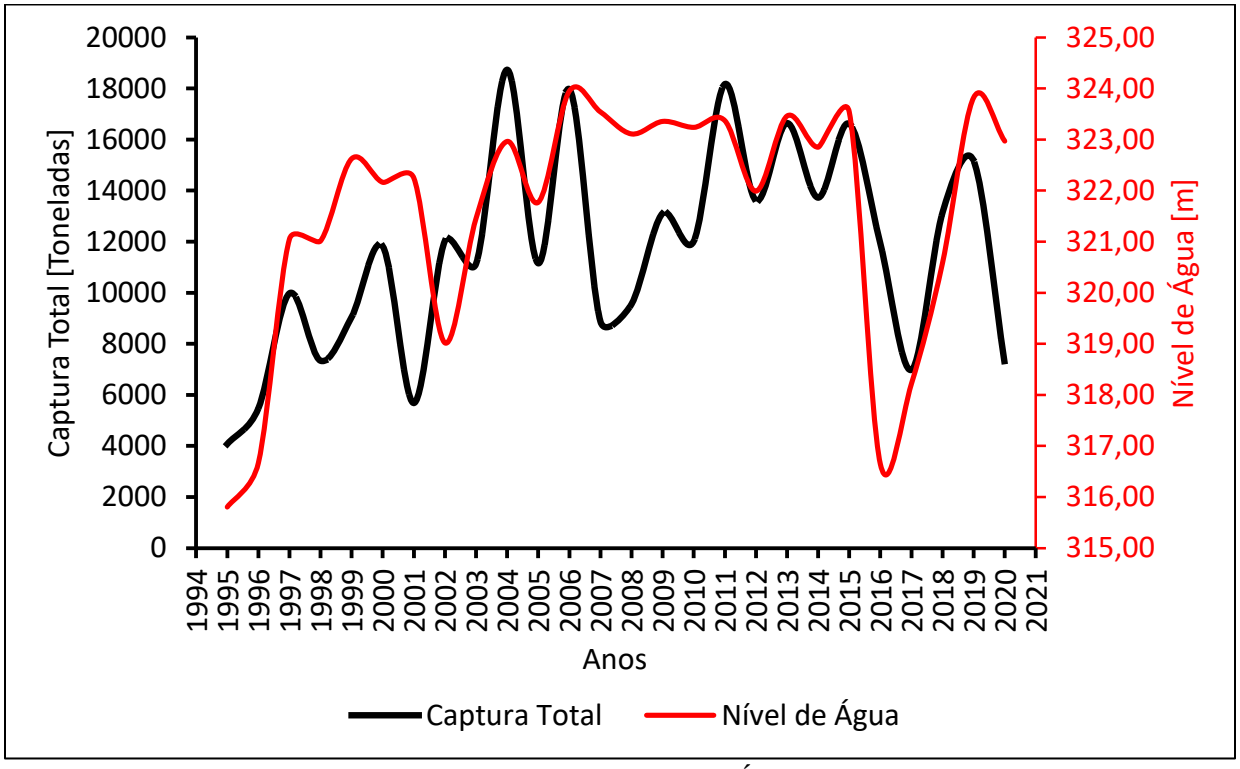


Figura 16: Relação entre a Captura de *L. miodon* e o Nível de Água na Albufeira de Cahora Bassa

Tabela 5: Relação da captura de *L. miodon* com o nível de água

Parâmetro		Período	Correlação [R]	p-value	Intervalo de Confiança [α]
N [m]	Captura [Ton]	1995-2020	0.56	0.003	0.01

Legenda: N - Nível de Água ou Cota.

7.4. Evolução do comprimento médio de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa

A análise da evolução do comprimento médio de *L. miodon* capturada foi feita desde o ano 2002 até 2020 tendo em conta que os trabalhos de biometria desta espécie na albufeira de Cahora Bassa iniciaram no ano 2002 e os resultados estão apresentados na Figura 17. Nesta figura pode-se constatar que apesar de haver oscilações no comprimento médio, no geral não se verificou redução do tamanho médio do manancial, aliás, a tendência do comprimento médio é crescente, conforme se deduz da recta de tendência no gráfico em referência. O comprimento médio mínimo foi registado no ano 2006 (cerca de 36 mm) e o mais alto registou-se no ano 2014 (cerca de 50 mm).

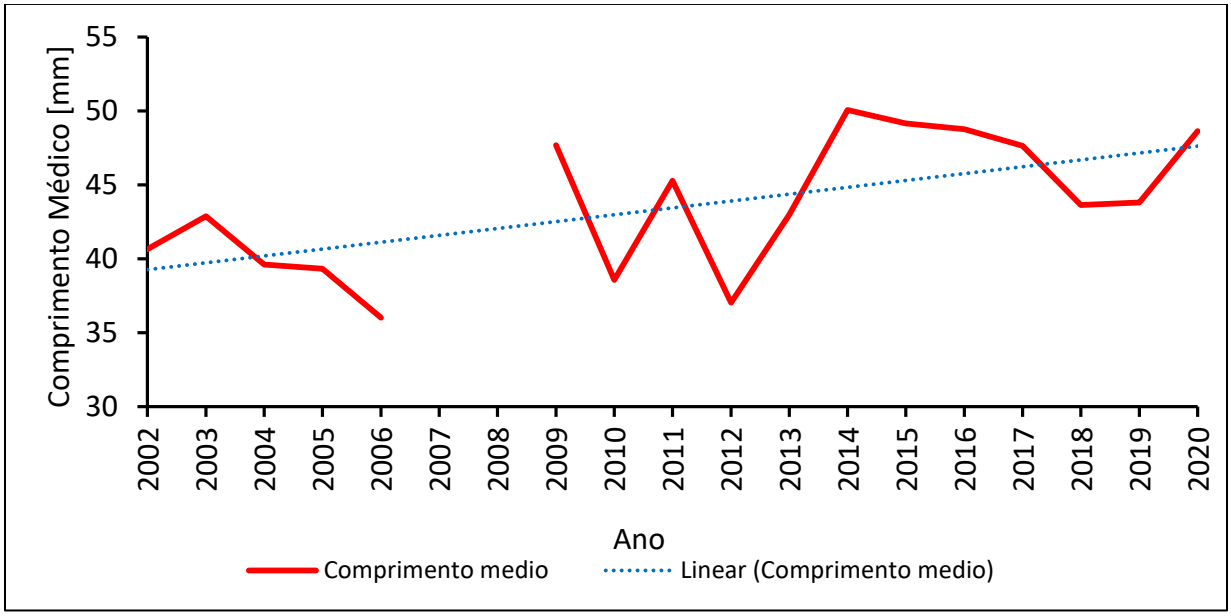


Figura 17: Evolução do comprimento de *L. miodon* na Albufeira de Cahora Bassa

8. DISCUSSÃO

8.1. Variações sazonais e interanuais dos factores ambientais

De um modo geral, o comportamento da precipitação e temperatura registados ao longo da albufeira de Cahora Bassa de acordo com os resultados deste estudo apresentou duas estações distintas (seca e chuvosa), portanto, é expectável este comportamento em climas de regiões tropicais. Este resultado corrobora com o encontrado por Mafuca (2002), que utilizando dados de precipitação e temperatura colhidos desde 1993 até 2000 concluiu que esta região possui duas estações, a estação chuvosa e quente que vai de Outubro a Abril e a estação seca que abrange os meses de Maio a Setembro. Esta constatação também está em concordância com a descrição feita por Gliwicz (1984). Apesar de Vostradovsky (1984), ter considerado que a albufeira de Cahora Bassa é climaticamante afectada por três estações, designadamente a quente e chuvosa que vai de Novembro a Abril, a fria e seca que vai de Maio a Agosto e a quente e seca que vai de Setembro a Novembro.

A análise das variações interanuais da precipitação revelou uma ligeira redução na região em torno da albufeira de Cahora Bassa. Contrariamente, a temperatura apresentou um ligeiro aumento (cerca de 0.6 ºC) durante o período de análise. Estes resultados estão em concordância com alguns estudos feitos em lagos situados nesta região sul do Vale do Rift, como é o caso de Akonkwa *et al*.(2005), verificaram que das três estações de observação meteorológica em torno do Lago Kivu houve uma ligeira redução da precipitação em duas destas, nomeadamente nas estações de Kamembe e Lwiro. Para além destes, Chifamba (2000), utilizando dados de precipitação colhidos desde 1972 até 1996 verificou também que houve uma ligeira redução da precipitação na região do Lago Kariba. Nestes dois lagos (Kivu e Kariba) segundo estes mesmos autores, as suas temperaturas do ar apresentaram um ligeiro aumento.

Esta redução da precipitação e aumento da temperatura do ar ao longo da albufeira de Cahora Bassa pode ser atribuida ao fenómeno das mudanças climáticas globais, que também é referido pelo Painel Intergoveramental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), que segundo este, a temperatura média anual da superfície na África Austral aumentou entre 1,04ºC e 1,44ºC de 1961 à 2015 e nesta mesma região houve uma diminuição da precipitação média, excepto na zona noroeste, que mostra uma tendência de aumento durante este período.

No que se refere a velocidade do vento, os resultados revelam um aumento significativo (cerca de 5,9 m/s) na região de estudo. Sabe se que a disponibilidade de nutrientes e oxigénio dissolvido necessários para o peixe e outros organismos aquáticos, uma boa parte provêm do processo de turbulência e mistura entre as águas profundas e superficiais, este movimento é induzido pelo vento. Seguramente que com este aumento da velocidade do vento haverá o impulsionamento deste processo.

A variação sazonal do caudal afluente (Figura 10A) mostra que este apresentou o pico máximo na época chuvosa (Fevereiro e Março) e este reduz gradativamente nos meses seguintes até atingir o seu mínimo no mês de Outubro. Estas flutuações mostram claramente que a entrada (input) de água para a albufeira acontece na época chuvosa porque é a época que a barragem de Kariba descarrega maiores volumes de água para a jusante como resposta de precipitações à sua montante. No que concerne as variações interanuais, o caudal afluente teve uma tendência de aumentar desde 1990 à 2020. Esta tendência contraria a tendência da precipitação local que reduziu, isto reforça a constatação tida anteriormente de que o caudal afluente para a albufeira depende em grande medida do caudal descarregado da barragem de Kariba e proveniente do rio Dwangua (da Zâmbia) e muito pouco depende da precipitação local.

É importante também verificar que desde o ano 2010/11 o caudal afluente para a albufeira de Cahora Bassa registou uma progressiva diminuição, isto primeiro pode ser justificado pela redução da precipitação ao nível da bacia do Zambeze no geral e por outro lado pela contenção de volume de água descarregada pela barragem de Kariba devido a esta redução das precipitações para garantir a geração de energia hidroeléctrica nas duas centrais que estão instaladas nos lados Norte (Zâmbia) e Sul (Zimbabwe) da barragem. Sendo que para manter o seu funcionamento pleno na capacidade instalada são necessários grandes volumes de água que nos últimos anos estão a escassear tendem a comprometer o volume de água armazenado naquela albufeira.

Em contrapartida, o nível de água registou o seu pico máximo nos meses de Março a Maio e o seu pico mais baixo nos meses de Novembro e Janeiro. Esta desfazagem entre o pico do nível de água e do caudal alfuente é justificado pela gestão interna da albufeira, isto é, no tempo seco são descarregados volumes de água acima do esperado para aumentar a capacidade de encaixe da infraestrutura e no período chuvoso o tempo de encaixe para dar resposta à entrada de água

aumenta. A tendência de aumentar o nível de água armazenada na albufeira registou-se em toda série desde a crise de 1991/92 até 2020, com a excepção da crise de água registada no ano 2016/17. Analisando cuidadosamente a série desde as cheias do ano 2000, existe uma tendência de manter o mesmo nível de água na albufeira; isto pode ser justificado pelo facto de para além do objectivo principal que é a geração de energia hidroeléctrica, nos últimos anos (principalmente depois das cheias de 2000) esta barragem serve também para a contenção de cheias no baixo zambeze. Por isso para dar resposta a este outro objectivo, o volume de água armazenado tende a manter-se quase o mesmo, excepto os anos de grande estiagem. Este comportamento também pode ser visto como estratégia para mitigar os impactos da redução generalizada da precipitação na bacia do Zambeze devido as mudanças climáticas, retendo mais água nos anos de boa precipitação como precaução para anos de estiagem.

8.2. Variações sazonais e interanuais da captura, esforço de pesca e CPUE de *L. miodon.*

A campanha da pesca de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa inicia em Janeiro e termina em Dezembro do mesmo ano. Fazendo uma análise dos resultados da captura sazonal constata-se que apresentou dois máximos, sendo um no primeiro semestre e outro no segundo semestre. Porém, o pico do primeiro semestre é menor comparativamente ao do segundo.

A série sazonal da CPUE também apresentou dois máximos, mas o pico do primeiro semestre é maior comparativamente ao do segundo semestre. Isto significa que apesar do primeiro semestre apresentar menor captura comparativamente ao segundo, este apresenta maior rendimento/barco/noite (CPUE). O maior CPUE que se registou no primeiro semestre pode ser explicado pelo facto deste semestre apresentar menor esforço de pesca (Figura 11C) em comparação com o segundo semestre. O menor esforço de pesca registado no primeiro semestre provavelmente pode estar relacionado com a interferência de alguns factores que dificultam a logística das empresas, como a turbidez prolongada da água, chuvas frequentes, ventos fortes (Figura 10A), etc.

Fazendo um cruzamento destes dois parâmetros (captura e esforço de pesca), constata-se que o primeiro semestre apresenta menor captura pelo facto de ser empreendido menor esforço de pesca; entretanto, quando se incrementa o esforço de pesca no segundo semestre, como consequência aumenta também a captura de *L. miodon*. Este resultado leva a crer que não há

problema de disponibilidade do recurso, apenas há deficiências na distribuição de esforço de pesca empreendido na albufeira.

No que se refere as variações interanuais da captura de *L. miodon* no período de 1995 até 2020, de uma forma geral a tendência foi de aumentar. Mas, fazendo uma análise por partes constata-se que a captura aumentou progressivamente até o ano 2004, deste ano até 2020 a tendência da captura foi de reduzir com algumas oscilações interanuais, apesar do aumento progressivo do esforço de pesca. Isto leva a presumir que para além do esforço de pesca, outros factores devem ser colocados em evidência, factores como ambientais ou a pesca ilegal que nos últimos anos tende a aumentar na albufeira de Cahora Bassa.

8.3. Relação entre a captura de *L. miodon* e os factores ambientais

A precipitação é um factor muito importante para a manutenção da vida em ambientes aquáticos, tendo em conta que disponibiliza nutrientes e facilita de forma particular o recrutamento dos peixes. Analisando a sua relação com a captura de *L. miodon* nota-se uma relação inversa entre eles, isto é, os picos de captura coincidem com vales de precipitação, significando que os anos de muita precipitação são caracterizados por baixas capturas. Esta relação inversa pode ser explicada pelo facto de que a *L. miodon* como se reproduz em áreas costeiras, a precipitação por ser um importante desencadeador da reprodução devido a sua influência na disponibilização de nutrientes e grandes áreas de desova. A sua relação de covariância explicada ($R = -0{,}33$) significa que a variação da captura de *L. miodon* pode ser explicada pela precipitação em apenas cerca de 10%, e os restantes 90% são explicados por outros factores. O resultado encontrado neste estudo corrobora com Chifamba (2000), que fez um estudo idêntico no Lago Kariba tendo relacionado a precipitação com CPUE e encontrou uma relação inversa entre eles.

Analisando a relação entre a temperatura do ar e a captura de *L. miodon*, os resultados do presente estudo permitem constatar que existe uma correlação positiva ($R = 0{,}39$), significando que a variação da captura de *L. miodon* pode ser explicada em cerca de 15% pela temperatura do ar e os restantes 85% por outros factores. A temperatura é um factor importante que determina a produtividade em ecossistemas aquáticos através do seu efeito na ciclagem de nutrientes, na sua disponibilidade, considerando que afecta na estratificação térmica que bloqueia nutrientes no hipolímnio reduzindo assim a produtividade primária. Depois da quebra da estratificação, os

nutrientes são libertados resultando em um aumento da produção de plâncton. Esta diferença na estabilidade térmica na coluna de água pode explicar a relação directa entre temperatura do ar e a captura de *L. miodon*.

Uma relação positiva também foi encontrada quando se relacionou a captura de *L. miodon* com a velocidade do vento ($R = 0{,}47$) significando que a velocidade do vento na referida correlação é capaz de explicar apenas cerca de 22% das variações verificadas na captura de *L. miodon*. Esta relação positiva encontrada entre estes dois parâmetros corrobora com a lógica da dinâmica dos processos que ocorrem em ambientes aquáticos tendo em conta que o vento desempenha um papel importante na mistura da coluna de água e com isto quebrar a estabilidade da coluna da água. Quando a coluna de água estiver instável, ocorre a troca de nutrientes entre as águas subsuperficiais ricas em nutrientes com as águas superficiais. Não só, como também favorece a saturação do oxigénio atmosférico na água que facilita o metabolismo dos organismos aquáticos.

O caudal afluente apesar de relacionar-se positivamente com a captura de *L. miodon*, o seu impacto na variação da captura é insignificante ($R = 0{,}11$). Este resultado pode ser justificado pelo facto do caudal afluente para a albufeira de Cahora Bassa ser artificial dependendo da demanda de água no lago Kariba. Isto leva a presumir que se não existisse a barragem de Kariba a influência do caudal afluente na captura de *L. miodon* teria uma magnitude maior. A suposição ora referida faz sentido analisando a lógica da dinâmica dos ambientes aquáticos que regra geral recebem nutrientes trazidos pelo caudal afluente e, também circundado pelos resultados encontrados por Marshall (1982), que relacionou o caudal afluente do rio Sanyati com a captura de *L. miodon* onde concluiu haver relação dos níveis de nutrientes que chegam ao lago Kariba com o escoamento afluente, em que as capturas de *L. miodon* aumentavam após fortes fluxos no rio Sanyati.

O modelo de regressão linear entre a captura de *L. miodon* e o nível de água permitiu explicar cerca de 31% ($R = 0{,}56$) significando que quanto maior for o nível de água na albufeira de Cahora Bassa maior será a captura de *L. miodon*. Isto pode ser explicado pelo facto de quando o nível de água aumenta possibilitar o aumento da área alagada e por consequência aumentar a área disponível para a pesca. Sabe se ainda que a profundidade média da albufeira de Cahora Bassa é de cerca de 18 metros, isto significa que com o aumento dos cerca de 7 metros de nível

desde 1990 até 2020 representam uma grande mudança no volume de água e área inundada e, assim, se explica a alta correlação entre o nível da água e a captura.

Estes resultados corroboram com Akonkwa *et al.* (2015), onde encontraram resultado idêntico quando relacionaram a captura de *L. miodon* com o nível de água do Lago Kivu; Karenge & Harding (1995), relacionaram as capturas de *L. miodon* com o nível de água do Lago Kariba onde concluiram que períodos de seca eram caracterizados por baixas capturas.

8.4. Evolução do comprimento médio de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa

Analisando a série temporal do comprimento médio no período de 2002 à 2020, constatou-se que apesar de haver oscilações interanuais, no geral a tendência do comprimento médio foi crescente. Este resultado é interessante pois a redução do tamanho da espécie alvo de pesca em animais cuja sua estratégia de reprodução são *estrategistas-r* ou estratégia "r" é um indicador de sobrepesca uma vez que quando sujeitos a uma pressão de pesca ou de predação, estes tendem a reduzir o seu crescimento e concentram suas energias na reprodução (Marshall, 1992) reduzindo assim o comprimento da primeira maturação. Assim sendo, pode afirmar-se que o manancial de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa não apresenta sinais de sobrepesca, apesar dos resultados das capturas mostrarem tendência de redução apartir do ano 2004, mas o tamanho dos indivíduos têm uma tendência de aumentar. Este cenário pode ser justificado pela turbidez prolongada da água que pode estar a dificultar a pesca tendo em conta que esta pescaria é noturna e é feita por atracação luminosa.

Esta constatação de que não está ocorrer sobrepesca na albufeira de Cahora Bassa também pode ser sustentada quando analisamos estes dois indicadores de produção pesqueira (captura e esforço de pesca). Na sua relação sazonal, constata-se que quando o esforço de pesca é menor (primeiro semestre) a captura é menor, entretanto, quando se incrementa o esforço de pesca no segundo semestre a captura também aumenta.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

9.1. Conclusões

Com base nos resultados pode concluir-se que:

- Aumentou a temperatura do ar, velocidade do vento, caudal afluente e nível de água na albufeira de Cahora bassa durante o período de estudo;
- Reduziu a precipitação na região durante o período de estudo;
- As variações interanuais do esforço de pesca e da captura de *L. miodon* tiveram uma tendência de aumentar durante o período de estudo, entretanto, a captura de uma forma particular teve uma tendência de reduzir apartir do ano 2011 até 2020;
- A captura por unidade de esforço (CPUE) reduziu progressivamente desde 1995 até 2020;
- Os factores ambientais considerados neste estudo (temperatura do ar, precipitação, velocidade do vento, caudal afluente e nível de água) não podem explicar cabalmente as variações da captura de *L. miodon* que se verificam na albufeira de Cahora Bassa, apesar do nível de água e velocidade do vento apresentarem correlações positivas e moderadas. Isto confirma parcialmente a hipótese de trabalho porque em média apenas cerca de 25% das variações das capturas podem ser explicadas pelos factores ambientais;
- A evolução do comprimento médio de *L. miodon* capturada na albufeira de Cahora Bassa desde 2002 até 2020 teve uma tendência de aumentar. Esta tendência leva a concluir que não há sobrepesca na pescaria de *L. miodon* na albufeira de Cahora Bassa.

9.2. Recomendações

9.2.1. Para gestão

- Intensificar as operações de fiscalização ao longo da albufeira de Cahora Bassa para reduzir a pesca ilegal como forma de optimizar os rendimentos da pesca semi industrial de *L. miodon.*

9.2.2. Para próximos estudos

- Estudo de avaliação do impacto da turbidez da água na captura de *L. miodon*;
- Realizar estudos de cadeia alimentar nos níveis tróficos anteriores ao nível da *L. miodon* como forma de estimar a disponibilidade do seu alimento.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adrian R, O'Reilly C M , Zagarese H, Baines S B, Hessen D O, Keller W, Livingstone D M, Sommaruga R, Straile D & Van Donk E (2009). Lakes as sentinels of climate change. Limnology and Oceanography, 54: 2283.

Akonkwa B, Muhigwa B, Montcho A S, Nshombo M & Laleye P (2015). Climate change and its impact on the fisheries in Lake Kivu, East Africa. Vol. 6, No. 2, p. 312-327, 2015.

Berg L S (1940). Classification of fishes, both recent and fossil. Trav. Inst. Zool. Acad. Sci. 5(2):517.

Buque L I B (2007). Distribuição e Abundância da Tilápia Invasiva *Oreochromis niloticus* na Albufeira de Cahora Bassa.

Cabanelas V L (2005). A Comunidade Ictiológica na Albufeira de Cahora Bassa e suas Interacções Tróficas. Trabalho de Licenciatura.

Chifamba P C (2000). The relationship of temperature and hydrological factors to catch per unit effort, condition and size of the freshwater sardine, *Limnothrissa miodon* (Boulenger), in Lake Kariba. Fisheries Research 45, 271-281.

Caissie D (2006). The thermal regime of rivers: A review. Freshwater Biology, 51, : 1389–1406.

Cochrane K L (1978). Seasonal fluctuations in the catches of *Limnothrissa miodon* (Boulenger, 1906) in Lake Kariba. LKFRI Report, 29: 163.

Coulter G W (1991). Lake Tanganyika and its life. With contributions from J-J. Tiercelin. (*et al*.). England: Oxford university press and British Museum (Natural History).

Fawole F J (2011). Climate change and fisheries in Africa: Issues and challenges.

Ficke A D, Myrick C A & Hansen L J (2007). Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. Rev Fish Biol Fisheries 17:581–613. https://www.researchgate.net/publication/225498321; [DOI 10.1007/s11160-007-9059-5].

Franklin C E, Johnston I A, Crockford T & Kamunde C (1995). Scaling of oxygen consumption of Lake Magadi tilapia, a fish living at 378C. J Fish Biol 46:829–834.

GLIWICZ Z M (1984). Mozambique. Limnological study of Cahora Bassa reservoir with special regard to sardine fishery expansion. A report prepared for the research and development of inland fisheries project. FAO, Rome, FAO/GCP/MOZ/006/SWE; *Field Document 8.*

Gliwicz Z M (1986). A lunar cycle in zooplankton, Ecology, 67 (4), pp.883-897.

Harrod C (2016). Climate change and freshwater fisheries. Freshwater Fisheries Ecology, First Edition. 641-693.

Huang M; Ding L; Wang J; Ding C; & Tao J (2021). The impacts of climate change on fish growth: A summary of conducted studies and current knowledge. Ecological Indicators 121 (2021) 106976. China. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106976.

HUYGHE C (2019). Food resources of Lake Tanganyika sardines. Metabarcoding of the stomach content of Limnothrissa miodon and Stolothrissa tanganicae. Thesis presented in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Biology.

IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C.

Jackson P BN & Rogers K H (1976). Cabora Bassa fish populations before and during the first filling phase. Zoologica Africana, 11: 373-397.

Junor F JR & Begg G W (1972). A note on the successful introduction of *Limnothrissa miodon* Boulenger, the "Lake Tanganyika sardine" to Lake Kariba. Newsletter of the Limnological Society of Southern Africa No. 16: 8-14.

Karenge L P & Harding E (1995). On the relationship between hydrology and fisheries in man-made Lake Kariba, CentralAfrica. FisheriesResearch 22: 205–226.

Kenmuir D H S (1975). Sardines in Cabora Bassa Lake? New Scientist, 13 February 1975: 379-380.

Lornberg B (2001). The skeptical environmentalist: Measuring the Real State of the World. Cambridge University Press. 511pp.

MAE, (2014). Perfil do Distrito de Cahora Bassa.

MAFUCA J M (2002). Avaliação Preliminar do Estado da Exploração de Kapenta (*Limnothrissa miodon*, Boulenger 1906) em Cahora-Bassa com Base em Dados Históricos de Captura e Esforço de 1995 - 2000, pp.1-28. RIPnº23.

Mafuca J M (2011). Some Aspects of the Reproductive Biology of Kapenta, Limnothrissa miodon (Boulenger 1906) in the Cahora Bassa Reservoir, Mozambique. RIP No.29, pp.18-27.

Mafuca J M & Bills R (2012). Fish diversity in the Cahora Bassa reservoir (Mozambique) some twenty-five years after the dam closure: what has been the effect of the change from the lotic to lentic environments on the Zambezi River fish fauna? RIP No.32, pp 2-14.

Mafuca J M, Chacate O, Amoda C, Eusébio A & da Costa A. M (Não Publicado) Estado do recurso de kapenta na albufeira de Cahora Bassa.

Mafuca J M & Pegado A O (Não Publicado). Catch and effort data analysis. In: Kapenta research and monitoring in the Cahora Bassa Reservoir: Final Report.

Magadza C H D (2011). Indications of climate change on the pelagic fishery of Lake Kariba, Zambia-Zimbabwe. Lakes Reserv. Res. Manag. 16, 15-22.

Mannini, P, E Aro, I Katonda, B Kissaka, C Mambona, G Milindi, P Paffen & P Verburg, (1996). Pelagic Fish Stocks of Lake Tanganyika: Biology and Exploitation. FAO/FINNIDA Research for the Management of the Fisheries on Lake Tanganyika. GCP/RAF/271/FIN-TD/53 (En): 85p.

Mandima J J (1999). The food and feeding behaviour of Limnothrissa miodon (Boulenger, 1906) in Lake Kariba, Zimbabwe. Hydrobiologia 407: 175–182.

Mandima J J (2017). The Feeding Biology Of Limnothrissa Miodon (Boulenger, 1906) In Lake Kariba. Dissertations in Forestry and Natural Sciences. Publications Of The University Of Eastern Finland.

Marshall B E (1982). The influence of river flow on pelagic sardine catches in Lake Kariba. J. Fish Biol. 20, 465-469. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1982.tb03939.x.

Marshall B E (1992). Limnothrissa miodon in man-made lakes: Do we understand the implications of their small size? In: FAO/CIFA/OP19 (eds). Symposium on Biology, Stock assessment and exploitation of small pelagic fish species in the African Great Lakes region, Bujumbura. p 1-18.

Marshall, B. E. (1993). Biology of the African clupeid Limnothrissa miodon with reference to its small size in artificial lakes. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 3, 17-38.

Marshall B. E (2021). What affects fisheries in African lakes: Climate change or fishing effort? A case study from Lake Kariba, Aquatic Ecosystem Health & Management 24(1), 5-11, (12 July 2021). https://doi.org/10.14321/aehm.024.01.03

Mulimbwa N, Sarvala J, Raeymaekers J A M (2014). Reproductive activities of two zooplanktivorous clupeid fish in relation to the seasonal abundance of copepod prey in the northern end of Lake Tanganyika. Belgian Journal of Zoology, 144(2), 77-92

Ndebele-Murisa M R, Mashonjowa E, Hill T (2011). The implications of a changing climate on the Kapenta fish stocks of Lake Kariba, Zimbabwe. Vol. 66(2), 00–100, DOI:10.1080/0035919X.2011.600352.

Nelson J S (1984). Fishes of the world. 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc., New York. 523 p.

Nobre C A, Reid J & Veiga A P S (2012). Fundamentos Científicos das Mudanças Climáticas. São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE, 44 p.

O'Reilly C M, Alin S R, Plisnier P D, Cohen A S & McKee B A (2003). Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa. Nature/Vol 424. www.nature.com/nature.

Plisnier P D (1997). Climate, Limnology, and Fisheries Changes of Lake Tanganyika. FAO/FINNIDA Research for the Management of the Fisheries of Lake Tanganyika. GCP/RAF/271/FIN-TD/72 (En): 38p.

Plisnier P D (2004). Probable impact of global warming and ENSO on Lake Tanganyika.

Skelton P H (1993). A complete guide to the freshwater fishes of Southern Africa.

Vostradovsky J. (1984). Fishery investigation on Cahora Bassa Reservoir (March 1983 - May 1984). A report prepared for the research and development of inland fisheries project. FAO, Rome; FAO/GCP/066/SWE; Field Document 11.