



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

**Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Biologia Marinha**

Influência das Variáveis Ambientais no Habitat Favorável da Agregação da *Saurida undosquamis* no Canal de Mozambique.

**Autora**

Madalena Amadeu José Duarte

Quelimane, 24 de Setembro de 2024



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

**Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Biologia Marinha**

Influência das Variáveis Ambientais no Habitat Favorável da Agregação da *Saurida undosquamis* no Canal de Moçambique.

**Autora**

Madalena Duarte

Madalena Amadeu José Duarte

**Supervisor:**

Anildo Nataniel

Doutor Anildo Nataniel Nataniel

**Avaliadora:**

Halaze Manhice

Mestre Halaze Manhice

**Presidente:**

Bonifácio G. Manuessa

Mestre Bonifácio Manuessa

Quelimane, 24 de Setembro de 2024

8 | Page

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho:

- A DEUS, o senhor criador de todas as coisas, pela graça, pelo DOM da vida, pela luz, espírito de resiliência, por sempre me guiar e nunca me abandonar mesmo quando me senti perdida. Obrigada, DEUS.

- Aos meus pais Amadeu José Duarte e Fernanda Joaquina Martins, por tudo que sempre fizeram por mim e pelos meus irmãos, por sacrificarem as suas vidas a mais de 28 anos para nos formarem pois o lema sempre foi: Estudem, estudem, estudem porque um diploma sem conteúdo é um papel a queimar e a deitar fora.

*Às vezes é preciso dar um salto no escuro...*

*Acreditar quando ninguém mais acredita.*

Tiago Arruda

## **Agradecimentos**

Agradeço ao meu supervisor Doutor Anildo Naftal pelo apoio incondicional, pela paciência, ensinamento, espírito de coragem, pesquisa e por sempre me encorajar para não entrar em pânico mesmo quando me sentia cansada. Obrigada por me ter dado força para chegar ao fim desta primeira jornada de muitas que ainda virão.

Ao corpo de docentes da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras-ESCMC em especial a Mestre Sara Tembe, ao Doutor Lucas Lavo, Mestre Yolanda Mula, Mestre Inocência Paulo e Mestre Daniel Mualeque por despertar a ciência adormecida em mim e por me inspirar a ser uma pessoa melhor e uma profissional preparada para a vida.

Aos funcionários desta instituição por sempre estarem alinhados para que tudo corresse bem ano após anos.

Aos meus pais que sob muito sol me fizeram passar todos estes anos de formação na sombra. Sou eternamente grata pela bênção e orgulhosa em tê-los como pais exemplares (os meus primeiros educadores), amo-vos.

Aos meus irmãos, Ana, Virgínia, Duarte, Amélia e Rose, por tudo meus amores o muito obrigado. Não sei o que seria de mim sem o vosso afago, amizade e muitos ensinamentos desde pequena.

Ao Kock Pinho por me ter feito ver a vida em outras perspectivas e por trazer o melhor de mim a cada dia. Obrigada, Best Part.

Ao Júlio Carlos Henriques por toda a força emocional que deu-me, pela amizade e companheirismo nos momentos difíceis e felizes, Jazzakallah.

Ao Ervínio Litsuri, pela irmandade, amizade e pela força para me fazer caminhar e seguir o mundo da ciência. Khanimambo, mano.

Ao Vick Sampaio pela amizade além fronteiras e a Ivanize Munyaradzi pelo apoio, força e espírito de coragem mesmo distantes. Obrigada por segurarem a minha mão.

E por fim aos meus colegas, em especial a Loyde, ao Valter, ao Oliveira, a Emmyllen e a todos os companheiros de trincheira. Obrigada por tudo.

## **Declaração de Honra**

Declaro por minha honra, que este trabalho de licenciatura nunca foi apresentado para obtenção de qualquer grau académico e que o mesmo constitui resultado do meu labor. As ideias trazidas de outros trabalhos foram citadas ao longo do desenvolvimento do texto deste trabalho e referenciadas na página das bibliografias. Esta monografia é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos de obtenção do grau de licenciatura em Biologia Marinha, na Universidade Eduardo Mondlane.

**Autora**

---

(Madalena Amadeu José Duarte)

Quelimane, 24 de Setembro de 2024.

## Resumo

Este estudo teve como objectivo principal analisar a influência das variáveis ambientais no habitat favorável da agregação da *Saurida undosquamis* no Canal de Moçambique (CM). A pesquisa foi realizada usando dados das capturas, obtidos do Instituto Oceanográfico de Moçambique (InOM), colhidos através de arrasto do fundo, em cerca de 164 estações no cruzeiro científico Dr. Fridjof Nansen, durante os meses de Maio e Junho de 2018 e nos meses de Fevereiro e Março de 2023. Os dados das variáveis ambientais foram obtidos do site MyOcean-Copernicus EU consortium (CMEMS;) no formato netCDF, e foram extraídas para cada estação de arrasto (longitude e latitude) e data da pescaria (ano, mês, dia e hora) usando códigos específicos no programa R, versão 4.3.1. O modelo aditivo generalizado (GAM) ajustado a família gaussian foi usado para modelar relações entre a biomassa da espécie, variáveis ambientais e espaço-temporais, quer dizer, predizer o habitat favorável a partir de parâmetros oceanográficos. A qualidade do modelo preditivo do habitat de agregação da espécie foi adequado foi, isto é, o desvio explicado do modelo ~98%, a correlação de Pearson ~ 98%, RMSE ~3% e o índice de similaridade de Shoener ~97%. O modelo ilustrou que o habitat favorável com maior agregação da biomassa situa-se nas latitudes 16°S-24°S, caracterizada por águas cuja salinidade varia entre 30-35 gKg<sup>-1</sup>, temperaturas < 27°C; profundidade entre 200-400m, correntes quase estacionárias ou movendo-se no sentido sul e produtividade com a concentração de clorofila entre 0.1 – 0.5 mgKg<sup>-1</sup>. Este estudo, fornece ferramentas importantes para a conservação e gestão da *Saurida undosquamis* no canal de Moçambique. O conhecimento das áreas de agregação da biomassa da *S. undosquamis* nos habitats marinhos é crucial para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável e a implementação de medidas de conservação eficazes.

**Palavras-chaves:** Canal de Moçambique, *Saurida undosquamis*, habitat favorável, GAM.

## Abstract

This study's main objective was to analyze the influence of environmental variables in favorable habitat for the aggregation of *Saurida undosquamis* in the Mozambique Channel (CM). The research was carried out using catch data, obtained from the Mozambique Oceanographic Institute (InOM), collected through bottom trawling, in around 164 stations on the scientific cruise Dr. Fridjof Nansen, during the months of May and June 2018 and in months of February and March 2023. Data on environmental variables were obtained from the MyOcean-Copernicus EU consortium (CMEMS;) website in netCDF format, and were extracted for each trawling station (longitude and latitude) and fishing date (year, month, day and time) using specific codes in the R program, version 4.3.1. The generalized additive model (GAM) adjusted to the Gaussian family was used to model relationships between the species' biomass, environmental and spatio-temporal variables, that is, to predict the favorable habitat based on oceanographic parameters. The quality of the predictive model of the species' aggregation habitat was adequate, that is, the explained deviation of the model ~98%, the Pearson correlation ~98%, RMSE ~3% and the Shoener similarity index ~97%. The model illustrated that the favorable habitat with the greatest biomass aggregation is located at latitudes 16°S-24°S, characterized by waters whose salinity varies between 30-35 gKg<sup>-1</sup>, temperatures < 27°C; depth between 200-400m, currents almost stationary or moving towards the south and productivity with chlorophyll concentration between 0.1 – 0.5 mgKg<sup>-1</sup>. This study provides important tools for the conservation and management of *Saurida undosquamis* in the Mozambique Channel. Knowledge of *S. undosquamis* biomass aggregation areas in marine habitats is crucial for the development of sustainable management strategies and the implementation of effective conservation measures.

**Keywords:** Mozambique Channel, *Saurida undosquamis*, favorable habitat, GAM.

## Lista de figuras

Figura1:*Saurida undosquamis*. **Fonte:** FAO, 1995.

Figura2. Mapa da Distribuição do Habitat favorável da *Saurida undosquamis* pelo mundo . As cores da distribuição indicam o grau de adequação do habitat com a probabilidades de ocorrência até 2050  
Fonte: (AquaMaps, 2019).

Figura 3: Distribuição da *Saurida undosquamis*, nas águas territoriais de Moçambique nos períodos de 2018 e 2023. Os pontos vermelhos indicam os pontos de amostragem da espécie.

Figura 4: Poder preditivo das variáveis selecionadas pelo GAM para variação das capturas da espécie *Saurida undosquamis*.

Figura 5: Efeito das variáveis ambientais na ocorrência da *S.undosquasmis* na costa de Moçambique. As marcas de tracejadas no eixo x são pontos de dados observados. O eixo y representa a importância relativa das variáveis preditoras do modelo. As linhas tracejadas indicam os intervalos de confiança inferior e superior a 95%.

Figura 6: Distribuição espacial da biomassa da *Saurida undosquamis* no canal de Moçambique. Contorno da linha violeta indicam a delimitação da ZEE de Moçambique e os habitats com maior agregação da espécie,

## Lista de Tabelas

**Tabela 1:** Resultados estatísticos do Modelo GAM selecionados para a preferência do habitat da *Saurida undosquamis* no Canal de Moçambique. Latitude, Salinidade, Temperatura superficial do mar; Velocidade na componente NorteTempo de Pesca, profundidade de pesca, Clorofila.

## Lista de Abreviaturas

- CM-Canal de Moçambique
- FAO-Food Alimentation Organization
- GAM-Generalized Additive Mode
- MDEs-Modelos de Distribuição de Espécies
- SST-Sea Surface Temperature
- Vo-Velocidade das correntes no sentido Nort
- ZEE-Zona Económica Exclusiva
- MUC-Corrente Profunda de Moçambique
- MC-Corrente de Moçambique
- GLM-Modelos Lineares Generalizados
- MIMAIP- Ministério do Mar, Águas Interiores e Pesca.
- AIC- Critério de Informação de Akaike
- D-Índice de Similaridade
- Dev. Explicado- Desvio Explicado
- RMSE- Erro dos Mínimos Quadrados
- Maxent- Modelagem máxima de entropia
- GARP- Algoritmo Genético ou Produção de Conjunto de Regras
- INOM- Instituto nacional Oceanográfico de Moçambique

## Índice

DEDICATÓRIA.....	III
Agradecimentos.....	V
Declaração de Honra .....	VI
Resumo.....	VII
Abstract .....	VIII
Lista de figuras .....	IX
Lista de Tabelas.....	IX
Lista de Abreviaturas .....	X
<u>1.</u> Introdução.....	1
<u>1.1.</u> Problema.....	3
<u>1.2.</u> Justificativa.....	3
<u>2.</u> Objectivos.....	4
2.1. Geral .....	4
2.2. Especificos.....	4
<u>3.</u> Referencial Teórico.....	4
3.1. Biologia e Ecologia da <i>Saurida undosquais</i> .....	5
3.1.1. Classificação Taxonómica .....	5
3.1.2. Distribuição, Movimentos e Migração .....	6
Morfologia.....	7

3.1.3. Ecologia, Crescimento e Reprodução.....	8
4. Modelos de distribuição da espécie .....	9
Metodologia .....	10
5.1. Área de estudo .....	10
5.2. Dados de captura .....	11
5.3. Dados Ambientais.....	12
5.4. Caracterização do Habitat Favorável de <i>S. undosquamis</i> .....	12
5.5. Ajuste do Modelo Predictivo do Habitat Favorável da Espécie.....	13
6. Resultados .....	14
6.1. Efeitos das variáveis ambientais na determinação do habitat favorável da espécie.....	16
7. Discussão .....	19
8. Conclusão.....	21
Recomendações.....	22
Referências bibliográficas .....	23
9. Anexos.....	31

## 1. Introdução

A *Saurida undosquamis*, amplamente conhecida como "peixe lagarto;" é uma espécie de peixe marinho que habita os oceanos tropicais e subtropicais. Esta espécie pertence à família Synodontidae, é de tamanho pequeno a médio, com características morfológicas distintivas que despertam interesse tanto científico quanto comercial (Russel *et al.*, 2015).

O habitat favorável da *Saurida undosquamis* é um aspecto fundamental do seu comportamento ecológico, afetando directamente a sua sobrevivência, crescimento e reprodução. A espécie é comumente encontrada em águas mais profundas, por se tratar de uma espécie demersal, embora sua profundidade exacta possa variar de acordo com a região geográfica e as condições ambientais locais (Sun *et al.*, 2023).

Actualmente, cerca de 22 espécies são reconhecidas mundialmente, cinco das quais ocorrem no Mar Vermelho (Bogorodsky *et al.*, 2014). Uma única espécie registada no Mar Vermelho como *Saurida undosquamis* migrou com sucesso através do Canal de Suez (migração lessepsiana) e é agora difundida e abundante em todo o leste do Mar Mediterrâneo, onde se estabeleceu em grandes populações e constitui um componente significativo da pesca local de arrasto (Russel *et al.*, 2015). –

Em Moçambique, a espécie é encontrada nas águas costeiras, de fundos lodosos, de 20 a 200 metros de profundidade, o recurso apresenta-se com um potencial estimado em 21.500 toneladas, sendo o grau do seu aproveitamento bastante baixo e com tendência decrescente nos últimos anos de registo (MIMAIP, 2023). Os dados estatísticos registados no período de 2018 a 2020 apresentam-se com 345 toneladas, baixando subsequentemente para 275 toneladas e 116 toneladas, respectivamente. Sendo a sua actual exploração ligada exclusivamente ao arrasto da gamba como fauna acompanhante (MIMAIP, 2023).

Ecologicamente, a *Saurida undosquamis* é um predador oportunista, alimentando-se de uma variedade de presas, incluindo peixes menores e invertebrados (Gene Helfan *et al.*, 2017). *Saurida undosquamis* também é um predador bentónico de alto nível trófico e é uma das espécies de peixes mais explorada em ambientes demersais (Joseph, 2003). No entanto, nos últimos anos, os desembarques de muitos peixes predadores, incluindo *S. undosquamis*, mostraram uma tendência decrescente, resultando num declínio constante nos níveis tróficos médios dos peixes capturados comercialmente na região (Manuel, 2000).

O desaparecimento de predadores pode facilitar a invasão de mesopredadores exóticos como também causar o aumento da população de mesopredadores nativos (Polis & Holt 1992; Courchamp *et al.* 1999).

A preferência da espécie de peixe *Saurida undosquamis*, pela região ocidental do Oceano Índico pode ser atribuída a uma combinação de factores ambientais, ecológicos e evolutivos específicos dessa área marinha (Russel *et al.*, 2015). O Oceano Índico Ocidental é caracterizado por condições oceânicas favoráveis, incluindo temperaturas da água ideais, uma rica diversidade de presas e uma variedade de habitats que atendem às necessidades das espécies demersais (Fernando, 2019). Além disso, a presença de correntes oceânicas como a Corrente Profunda de Moçambique (MUC) e Corrente de Moçambique (MC), que fluem opostamente no sentido norte e Sul respetivamente (Charles *et al.*, 2020) ao longo da costa leste da África, e a Corrente Quente Sul Equatorial (SEC) que atravessa o próprio canal, criam padrões climáticos únicos e condições favoráveis para a reprodução, alimentação e migração da *Saurida undosquamis* (Ben-Tuvia 1953). Esses factores combinados contribuem para uma abundância de recursos e habitats adequados, tornando o Oceano Índico Ocidental um local preferencial para a espécie prosperar e se adaptar ao longo do tempo.

A compreensão do habitat favorável da *Saurida undosquamis* é essencial para a conservação marinha, para a gestão de recursos pesqueiros e o entendimento da ecologia marinha em geral, visto que, peixes demersais possuem grande valor ecológico pois são consumidores nas cadeias alimentares oceânicas, contribuindo para a dinâmica dos ecossistemas marinhos e fonte de subsistência e renda para as comunidades (Russel *et al.*, 2015).

Neste contexto, este estudo tem como objetivo fazer o estudo da Influência das variáveis ambientais no habitat favorável da agregação da *Saurida undosquamis* no Canal de Moçambique para descrever os factores ambientais que influenciam a distribuição e a abundância desta espécie através de uma abordagem multidisciplinar que inclui observações de dados de cruzeiros científicos e sensoriamento remoto.

## 1.1. Problema

Os ambientes marinhos podem ser altamente variáveis, tanto temporal quanto espacial e, esta variabilidade pode tornar difícil identificar padrões claros do habitat favorável de uma determinada espécie. A *Saurida undosquasmis* é particularmente, difícil de observar directamente devido a sua natureza esquiva e habitats subaquáticos muitas vezes inacessíveis. Portanto, na região do Canal de Moçambique são raros os estudos disponíveis sobre esta espécie e particularmente a relação entre a agregação da biomassa nos habitats e variáveis ambientais oceanográficas. Além disso, os dados históricos sobre as capturas ou ocorrência da *Saurida undosquamis*, também não são acessíveis o que dificulta a realização de análises da espécie. Este desafio é exacerbado pelas mudanças climáticas, que podem influenciar as condições ambientais e, conseqüentemente, a alteração do habitat favorável da espécie.

## 1.2. Justificativa

O Canal de Moçambique está sujeito a mudanças climáticas e ambientais. Por isso, compreender o habitat favorável da *Saurida undosquasmis* no canal de Moçambique é um aspecto essencial para a descrever as interações ecológicas desta espécie e outras dos níveis tróficos superiores e inferiores, e auxiliar no estabelecimento dos programas de exploração sustentável deste recurso que ainda é sub-aproveitada nas águas territoriais. O conhecimento do habitat favorável da *Saurida undosquamis* ajudará a monitorar a pesca de arrasto do fundo e outros factores que alteram a estrutura dos habitats afetam sua distribuição e comportamento, fornecendo dados importantes para a adaptação ou ajuste das estratégias de manejo. A aplicação do modelo GAM que permite prever o nicho ecológico da espécie através de regressão múltipla das variáveis oceanográficas e espaço-temporal, incluindo os efeitos das interações suavizadas pelo “*spline*”(s) tem sido uma ferramenta fundamental para modelagem do habitat favorável das espécies. Assim, o estudo vai contribuir com informações preliminares sobre os aspectos ecológicos da espécie e auxiliar os gestores em estudos subsequentes dos stocks para uma exploração sustentável.

## 2. Objectivos

### 2.1. Geral

- ✓ Estudar a Influência das variáveis ambientais no habitat favorável da agregação da *Saurida undosquamis* no Canal de Moçambique.

### 2.2. Especificos

- ✓ Relacionar a *Saurida undosquamis* com as variáveis ambientais;
- ✓ Determinar o habitat favorável com maior agregação da biomassa;

## 3. Referencial Teórico

A *Saurida undosquamis*, popularmente conhecida como peixe-lagarto de grande escala ou peixe-banana-escamoso é um tipo de espécie demersal que ocorre no Mar mediterrâneo, Mar vermelho e no Pacífico Índico Oriental (Sun *et al.*, 2023). Está disseminada no Mar Vermelho, incluindo o Golfo de Suez, onde é muito comum. Actualmente, cerca de 22 espécies são reconhecidas em todo o mundo, cinco das quais ocorrem no Mar Vermelho (Bogorodsky *et al.* 2014). Uma única espécie, registrada no Mar Vermelho como *Saurida undosquamis* (Sun, 2023), migrou com sucesso através do Canal de Suez (migração lessepsiana) e agora está disseminada e abundante em todo o leste do Mar Mediterrâneo, onde estabeleceu grandes populações e constitui um componente significativo da pesca local de arrasto (Golani 1993; Golani & Ben-Tuvia 1995; Gökçe *et al.*, 2007). Em Moçambique, a espécie é encontrada nas águas costeiras, de fundos lodosos, de 20 a 200 metros de profundidade, o recurso apresenta-se com um potencial estimado em 21.500 toneladas, sendo o grau do seu aproveitamento bastante baixo e com tendência decrescente nos últimos anos (MIMAIP, 2023). A *Saurida undosquamis* é um predador bentónico oportunista e de alto nível trófico, alimentando-se de uma variedade de presas, incluindo peixes menores e invertebrados (Gene Helfan *et al.*, 2017).

### 3.1. Biologia e Ecologia da *Saurida undosquais*

#### 3.1.1. Classificação Taxonómica

*Saurida undosquamis* (Figura 1) é uma espécie estenotérmica, oceanódroma de tendência demersal, que habita oceanos tropicais e subtropicais entre 20 a 200 metros em fundos arenosos ou rochosos, podendo por vezes ser encontrado em ambientes pelágicos (Cárdenas *et al*, 2010), alimentando-se de peixes pequenos pelágicos (anchova e salmonete-*Mullus surmuletus*), crustáceos e outros invertebrados (Fischer, 1990). É um dos óstecitos marinhos do mundo e umas das 22 espécies da família Synodontidae que estão presentes em águas do Mar Mediterrâneo oriental, desde a Líbia até ao sul do Mar Egeu (Bilecenoğlu *et al.*, 2002; Bilecenoğlu 2010) e tem alguns registos da literatura de *Saurida undosquamis* no Oceano Índico Ocidental (Cressey 1986; Randall 1995). Taxonomicamente a espécie em estudo segue a seguinte classificação:

**Reino:** Animalia

**Filo:** Chordata

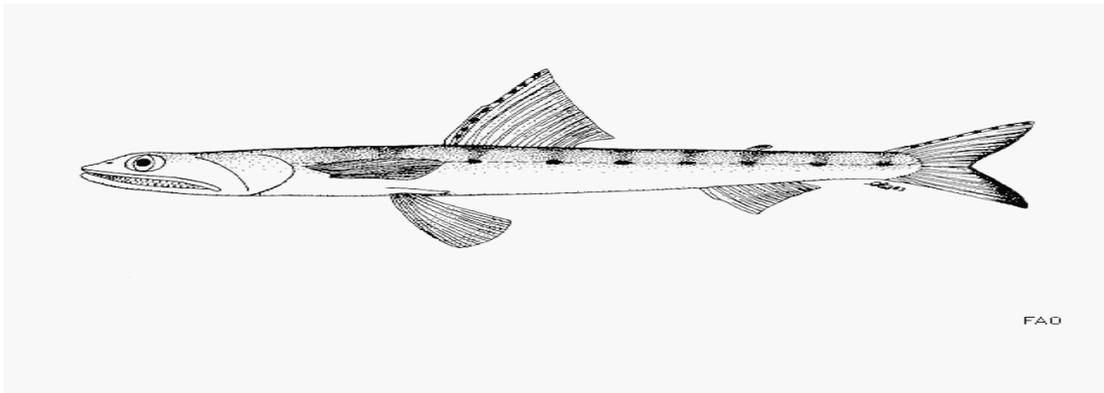
**Subfilo:** Vertebrados

**Ordem:** Aulopiformes

**Família:** Synodontidae

**Género:** *Saurida*

**Especie:** *Saurida undosquamis* (Richardson, 1848)



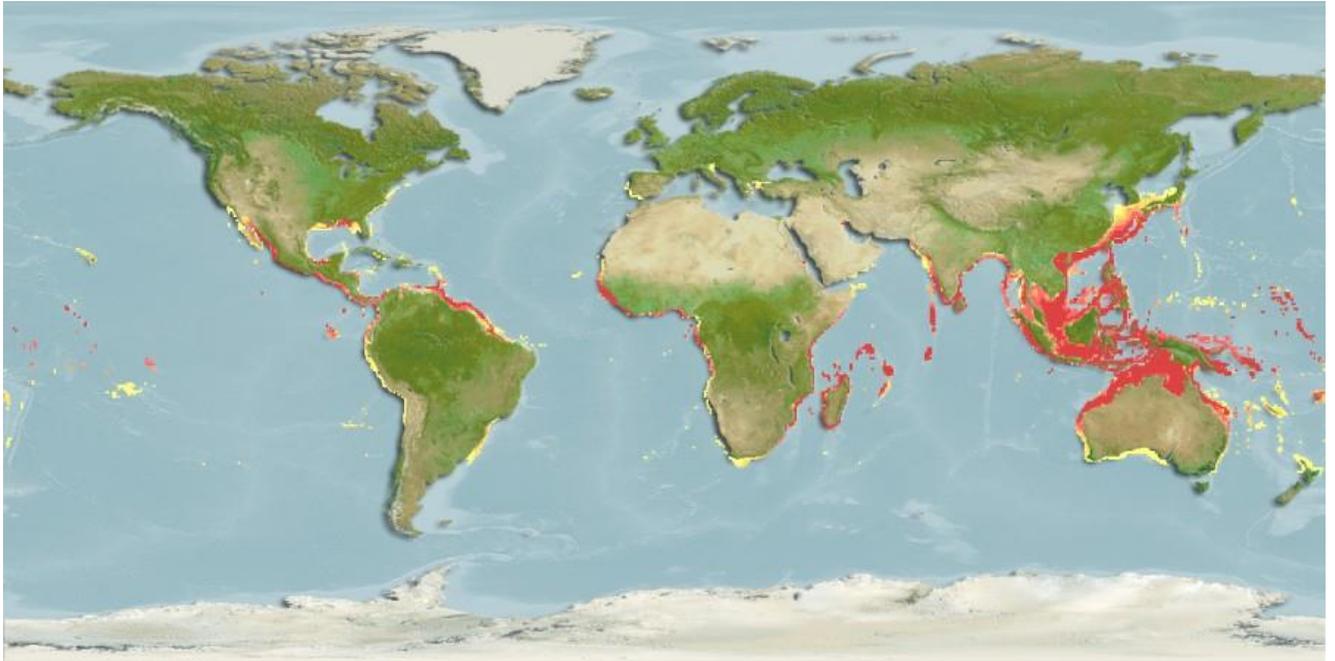
**Figura 1:** *Saurida undosquamis* vulgarmente conhecido como peixe-lagarto ou banana escamoso (Fonte: FAO,1995 )

### 3.1.2. Distribuição, Movimentos e Migração

Peixes-lagarto do gênero *Saurida*, incluindo a *Saurida undosquamis*, são peixes comuns das plataformas continentais do Pacífico Indico Oriental (Figura 2). No Mediterrâneo, era bastante raro e começou a aparecer em grandes quantidades nas capturas de arrasto pelo fundo em 1955 (Ben-Yami & Glaser, 1974; Bilecenoğlu, 2010). Desde então, as capturas mantiveram-se elevadas, com algumas flutuações (Golani, 1993). É um peixe economicamente importante nos golfos de Mersin e Iskenderun, Turquia (Torcu & Mater 2000; Bilecenoğlu 2010) e é uma das espécies mais comuns capturadas na pesca de arrasto, representando quase um terço das capturas de redes de arrasto comerciais no nordeste do Levante (Cinar *et al.*, 2005). A espécie também migrou através do Canal de Suez, com os primeiros espécimes relatados (como *Saurida grandisquamis*) ao longo da costa mediterrânea de Israel em dezembro de 1952 (Ben-Tuvia, 1953). Está agora amplamente distribuída no Mar Mediterrâneo oriental, desde a Líbia até ao sul do Mar Egeu (Bilecenoğlu *et al.*, 2002; Bilecenoğlu 2010) e tem alguns registos da literatura de *Saurida undosquamis* do Oceano Índico Ocidental (Cressey, 1986; Randall, 1995).

A espécie é comumente encontrada no Mar Vermelho, como resultado da migração Lessepsiana através do Canal de Suez, está agora amplamente distribuída no Mediterrâneo oriental. A *Saurida undosquamis* é encontrada principalmente em substratos arenosos ou lamacentos a cerca de 100m, porém é comum na costa perto de ilhas ou costas em profundidades de 20-30 m (Bogorodsky *et al.*, 2014). Esta espécie é importante na pesca de arrasto do Golfo de Suez (El-Halfawy *et al.* 2007) e da costa mediterrânica do Egito, onde se encontra num estado de elevada sobrepesca e grave sobreexploração (Mahmoud *et al.* 2014).

Em Moçambique, os dados estatísticos registados no período de 2018 a 2020 constituem cerca de 345 toneladas, baixando subsequentemente para 275 toneladas e 116 toneladas, respectivamente, sendo a sua actual exploração ligada exclusivamente ao arrasto da gamba como fauna acompanhante (MIMAIP, 2023).



**Figura2.** Mapa da Distribuição do Habitat favorável da *Saurida undosquamis* pelo mundo . As cores da distribuição indicam o grau de adequação do habitat com a probabilidades de ocorrência até 2050 Fonte: (AquaMaps, 2019).

### 3.1.3. Morfologia

A *Saurida undosquamis* é caracterizada por apresentar manchas escuras na margem superior da nadadeira caudal, nadadeiras peitorais que se estendem além da origem das nadadeiras pélvicas raios anteriores da nadadeira dorsal não alongados ou filamentosos, e comprimento pré-dorsal maior que a distância entre as origens da nadadeira dorsal e da nadadeira adiposa (Inoue & Nakabo 2006). A espécie distingue-se pela sua barbatana dorsal com 11–12 raios; barbatanas peitorais moderadamente longas (estendendo-se entre um pouco antes ou um pouco além de uma linha desde a origem das nadadeiras pélvicas até a origem da nadadeira dorsal) com 13 a 15 raios; 47–51 escamas da linha lateral; escamas das linhas transversais acima da linha lateral 41/2, abaixo da linha lateral 51/2 escamas. A boca é anterior com 2 fileiras de dentes nas palatinas externas; 0–2 dentes no vômer; língua com 3 a 6 fileiras de dentes posteriormente. O pedúnculo caudal levemente comprimido (profundidade um pouco maior que largura); margem superior da barbatana caudal com fileira de 3–8 (geralmente 6 ou 7) pequenas manchas pretas; estômago cinza pálido a enegrecido anteriormente; intestino esbranquiçado (Russel *et al.*, 2015).

### 3.1.4. Ecologia, Crescimento e Reprodução

A *Saurida undosquamis* prefere águas semi-frias. Isto é evidente pelo facto de ocorrer sobre as zonas de arrasto pouco profundas apenas durante a estação mais fria do ano. A sua proporção nas capturas de redes de arrasto pode ser considerável, mesmo a profundidades inferiores a 20m, se a água for suficientemente fria. Com a aproximação da estação quente, a espécie recua para as regiões de águas profundas, onde permanece disponível para redes de arrasto a profundidades superiores a 100m durante toda a estação (Ben-Yami, 1971). O crescimento máximo varia, é inferior a 24 cm nos machos podendo atingir mais de 30 cm nas fêmeas e a idade de recrutamento para pesca registada tem sido de 2 a 3 anos (Chervinsky 1959).

A *Saurida undosquamis* tem uma estação de desova prolongada (onde gônadas maduras nos estágios IV e V ocorrem entre cinco a oito meses) para machos e fêmeas com um pico extenso na primavera, visto que as fêmeas de *S. undosquamis* crescem um pouco mais rápido que os machos e atingem um tamanho maior de 34cm a 28cm que os machos (Alaa A. Roshdy *et al.*, 2021). De acordo com El-Ganainy (2004), os maiores valores de espécimes no estágio (V) foram registrados durante a primavera para *S. undosquamis* do Mar Vermelho. Esses picos (Alaa A. Roshdy *et al.*, 2021 e de El-Ganainy.,2004) ocorreram precisamente durante a primavera porque as condições oceanográficas são ótimas para o desenvolvimento dos ovos e larvas de peixes, uma vez que a temperatura relativamente baixa e a salinidade são adequadas para a eclosão e desenvolvimento das larvas (Bapat, 1955).

A população de *S. undosquamis* no Mar Mediterrâneo, seguem a mesma tendência de ter uma estação de desova prolongada. Os estágios de maturidade (IV e V) ocorrem em dez meses dos doze, com dois picos durante o verão e o inverno (Alaa A. Roshdy *et al.*, 2021), assemelhando-se com a época de desova na Baía de Iskenderun, Turquia que ocorre durante todo o ano, com dois picos em Julho e Maio (Ismen, 2003). Mais uma vez a diferença de temperaturas em ambos locais é o principal fator que afeta o desenvolvimento gonadal da espécie (Golani, 1990)

Segundo Chi-Chang Lai *et al.*, (2023), a temperatura é uma variável significativa para a *Saurida undosquamis* nas capturas em unidade de esforço em profundidades dos 80m a 160m e a salinidade em profundidades de 70m a 140m. No Mar da China Meridional as temperaturas e salinidade relativamente baixas do que as correntes de Kuroshio agregam concentrações mais altas de nutrientes, como nitratos e silicatos para a produtividade sendo propício para o aumento dos recursos do peixe-lagarto (Chi-Chang

Lai *et al.*, 2023, Wang, 2007, Huang, 2009). Esta espécie desova principalmente ao longo das isóbatas de 100m de profundidade cerca de um milhão de ovos pelágicos, flutuando na superfície do mar em cada época (Bogorodsky *et al.*, 2014). Antes da eclosão, que ocorre dentro de quinze dias, os ovos descem para o meio da água, onde as larvas eclodem e se desenvolvem e os alevinos descem até ao fundo para o crescimento e amadurecem aos 20 cm (Marshall, 1965; Travis Jenkins, 1954). Espécies de peixes demersais coletadas durante uma pesquisa anual no Golfo de Antalya revelam que a profundidade é o principal gradiente ao longo do qual ocorrem as mudanças na fauna, isto é, na área do Mediterrâneo, a profundidade é o principal fator estruturante das comunidades demersais (Demestre *et al.* 2000; Katsanevakis e Maravelias 2009).

#### **4. Modelos de distribuição da espécie**

O conhecimento da distribuição geográfica é fundamental para embasar estudos evolutivos e ecológicos das espécies. Porém, a sua delimitação é um desafio devido à existência de concentração espacial desigual de distribuição das espécies, alto custo de trabalhos de campo, e às variações que ocorrem nessa distribuição ao longo do tempo. Tendo em vista essa problemática, os métodos de Modelagem de Distribuição de Espécies (MDE) surgiram como uma grande contribuição para os estudos realizados nessas áreas. Os MDEs são muito utilizados, por exemplo, para priorizar áreas para conservação (Nóbrega & Junior, 2011), discutir padrões biogeográficos (Werneck *et al.*, 2012) e, com a disponibilização de dados modelados de clima passado e futuro, prever mudanças na distribuição dos organismos ao longo do tempo (Bonnacorso *et al.*, 2006).

Os MDEs são baseados, principalmente, nas condições ambientais e são gerados a partir de um conjunto de regras que vão desde soluções matemáticas mais simples (Distância Euclidiana, BIOCLIM), passando por ajustes estatísticos (exemplo: Modelos Lineares Generalizados – GLM, Modelos Aditivos Generalizados – GAM) até algoritmos derivados de inteligência artificial (exemplo: Maxent, GARP, Redes Neurais). Basicamente, o que estes algoritmos calculam é a similaridade ambiental entre os locais de ocorrência conhecidos para a espécie e outras regiões ainda desconhecidas. Ao final, os locais de maior similaridade são considerados como áreas de alta probabilidade de ocorrência ou agregação da biomassa da espécie.

O modelo aditivo generalizado (GAM) é uma ferramenta muito popular para modelar o habitat preferencial ou presença e ausência das espécies marinhas a partir de variáveis ambientais desde os

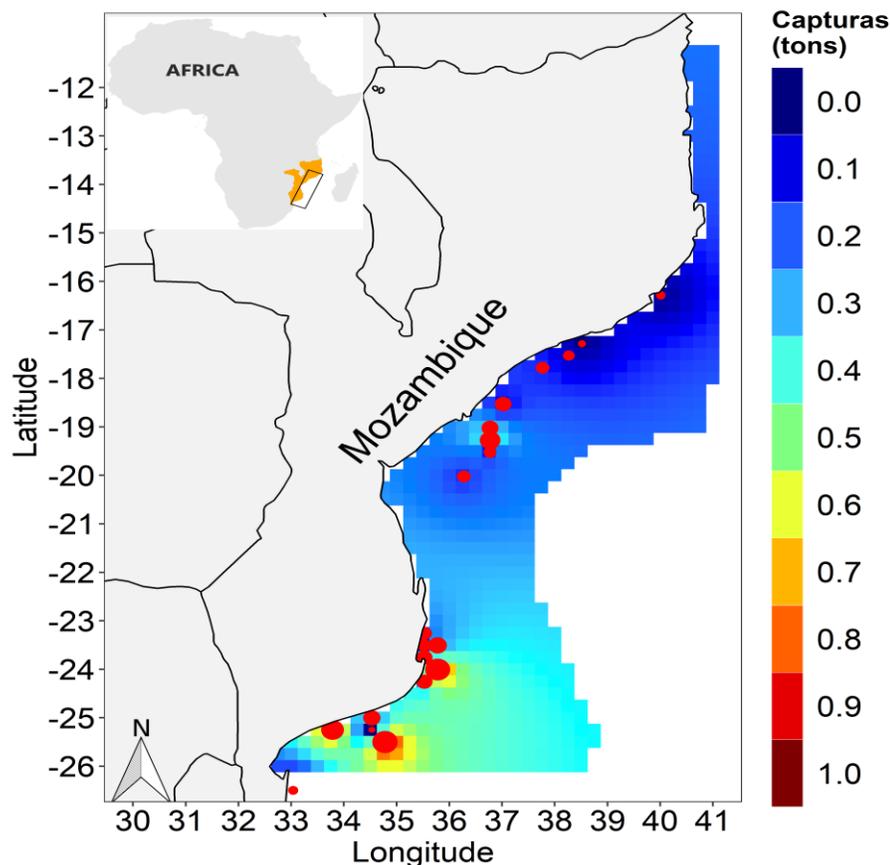
pequenos pelágicos (ex: Agenbag *et al* 2003; Maravelias *et al.*, 2003; Bellido *et al.*, 2008; Solanki *et al*, 2017, Ebongo *et al*, 2020) grandes nadadores e migradores pelágicos(ex: La Mesa *et al.*, 2016; Lopez *et al.*, 2017; Nataniel *et al.*, 2021; Setiawati *et al.*, 2024), assim como para espécies demersais do fundo marinha (ex: Monk *et al.*, 2010; Moëzzi *et al*, 2022), por isso neste estudo foi considerado como uma ferramenta para determinar o habitat favorável ou preferência da espécie *S. undosquamis*. Os GAMs, no entanto, são flexíveis o suficiente para modelar relações entre biomassas e variáveis que descrevem seus ambientes (Murase, 2009).

## 5. Metodologia

### 5.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na Zona Económica Exclusiva de Moçambique (ZEE) (Figura 3) que inclui o Canal de Moçambique (CM). Esta região situa-se entre as latitudes 12° Sul á 26° Sul e longitudes 33° Este á 40° Este (Fernando, 2019), sendo delimitado ao norte pelo arquipélago de Cômoros, a Este por Madagáscar e ao oeste por Moçambique (Nataniel *et al.*, 2021). A costa é relativamente complexa, rica em ecossistema marinho incluindo, recifes de coral, florestas de mangais, tapetes de ervas marinhas e zonas pelágicas dinâmicas que constituem maiores habitats para espécies tropicais (Chassot, *et al.*, 2019; Fernando, 2019). A área é caracterizada por um ecossistema marinho altamente dinâmico com processos oceanográficos complexos, como forte circulação de massas de água e interações biofísicas (Tew-Kai e Marsac, 2010; Swart *et al.*, 2010; Potier *et al.*, 2014). Estes processos oceanográficos são caracterizados por mecanismos complexos de circulação de massas de água, como a possível diluição e mistura sugeridas entre as correntes que fluem no sentido norte (por exemplo: Água Profunda do Atlântico Norte fria - NADW e Água Intermediária Antártica - AAIW), correntes que fluem no sentido sul (por exemplo: Água do Mar Vermelho - RSW e Água Profunda do Norte da Índia - NIDW) e Correntes Equatoriais do Sul (SEC) ao redor da bacia das Comores (por exemplo: Ullgren *et al.*, 2012; Collins *et al.*, 2016; Charles *et al.*, 2020). Além disso, há efeitos dos eddies ciclónicos e anticiclónicos gerados na área norte do CM, transportando águas salgadas e quentes da camada superior alimentadas pela corrente equatorial sul circulando para o sul e se fundindo com as correntes de água intermediárias de Agulhas no extremo sul do canal (de Ruijter *et al.*, 2002; Ternon *et al.*, 2014). Também, a existência de água quente (SST ~28°C - 30°C) está frequentemente relacionada à formação de ciclones tropicais e à intensificação de tempestades (Suzuki *et al.*, 2004; Matyas, 2015), promovendo alta evaporação e contribuindo para o aumento da precipitação, turbulência e mistura de massas de água na região. As

características dos eddies ciclônicos e anticiclônicos, suas interações com a plataforma continental e os efeitos da mistura das massas de água aumentam a produtividade ao longo do Canal, tornando as zonas da plataforma continental altamente produtivas (Tew-Kai e Marsac, 2010; Potier *et al.*, 2014) e favoráveis para agregação de diversas espécies pelágicas, bentônicas e demersais.



**Figura 3.** Distribuição da *Saurida undosquamis*, nas águas territoriais de Moçambique nos períodos de 2018 e 2023. Os pontos vermelhos indicam os pontos de amostragem da espécie.

## 5.2. Dados de captura

Foram utilizadas para este estudo, dados de captura de rede de arrasto do fundo da *Saurida undosquamis*, nas latitudes 26°S e 16°S e longitudes 33°E e 41°E nos meses de Maio e Junho de 2018 e nos meses de Fevereiro e Março de 2023, dados obtidos do cruzeiro científico Dr. Fridjof Nansen. Esta base de dados contém informações, da profundidade da captura, a posição da captura (longitude latitude), data (ano, mês, dia e horas), tempo de pesca (soaktime) devido a sua relevância no esforço das capturas

e outras espécies que foram capturadas. Aplicou-se a interpolação linear através da função `idw()` no programa R para estimar ou prever a distribuição da espécie na ZEE de Moçambique (Figura 3).

### 5.3. Dados Ambientais

Para a realização deste estudo, utilizaram-se dados das variáveis ambientais provenientes do site MyOcean-Copernicus EU consortium (CMEMS; [marine.copernicus.eu](http://marine.copernicus.eu)) no formato netCDF, onde estas foram extraídas para cada local (longitude e latitude) e data da pescaria usando códigos específicos do pacote netCDF4 (Pierce, 2017), tidyverse e lubridate (Grolemund & Wickham, 2011) e outras funcionalidades básicas do programa R, versão 4.3.1. (R Core Team, 2023). Foram consideradas variáveis físicas como a temperatura superficial do mar (SST; °C), velocidade da corrente na componente norte ( $V_0$  m/s) e a salinidade (SSS;  $\text{gKg}^{-1}$ ) e profundidade de pesca (profundidade de pesca, m). Usou-se também as variáveis biogeoquímicas como, a clorofila-a (Chl-a;  $\text{mg}/\text{m}^{-3}$ ), oxigénio pH e produtividade primária (npp,  $\text{mgm}^{-3}$ ). Os dados físicos foram extraídos do produto CMEMS GLOBAL\_REANALYSIS\_001\_030 e os biogeoquímicos do produto GLOBAL\_REANALYSIS\_BIO\_001\_029 com uma resolução espacial e temporal de  $\frac{1}{4}^\circ$  diária. A posterior agrupou-se e ajustou-se os dados físico-químicos com as capturas correspondente a cada estação de pesca considerando a posição (longitude e latitude) e data (ano, mês dia e hora) como médias diárias numa variação espacial  $\frac{1}{4}^\circ$  de resolução.

### 5.4. Caracterização do Habitat Favorável de *S. undosquamis*

Em primeiro lugar foi feita a Análise Exploratória de Dados (AED) como procedimento adequado que permite examinar os dados previamente à aplicação de qualquer técnica estatística. Para esta análise foi usado o ficheiro de dados no formato “csv” organizados em linhas de cada observação e colunas das variáveis seleccionadas para estudo. Os pacotes ggplot2, maptools e dplyr foram aplicados no programa R para permitir a visualização dos dados e assegurar que os pontos estejam na área de estudo desejada (Hijmahs e Elith, 2017). Usou-se a função `boxplot()` para mostrar o comportamento da distribuição dos dados da captura e obter o sumário estatístico dos dados (mínimos, máximos, medianas, média, 1st Qu, 3rd Qu e anomalias) ilustrados graficamente para verificar a ocorrência de valores discrepantes. Ainda mais, para a variável resposta (captura) foi usado o pacote "fitdistrplus para determinar a família exponencial que melhor se ajusta a distribuição dos dados (Dellgnete-Muller & Dutang, 2015) e, para

a fase posterior de construção do modelo que estabelece a relação entre as variáveis ambientais e a distribuição da espécie nos habitats (**Figura b**).

Em seguida, fez-se o teste de correlação de Pearson (**Figura a**) para todas as variáveis ambientais para detetar a colinearidade (Zuur *et al.*, 2010). Após o teste, foi possível através do diagrama de Pearson identificar as variáveis colineares, isto é, nos pares das variáveis com rho absoluto  $\geq 70$  uma das variáveis foi excluída na fase posterior do ajuste do modelo (Dormann *et al.*, 2013). Foram testadas 17 variáveis e apenas 7 foram incluídas no modelo por não se mostrarem altamente colineares com as outras. O descarte das variáveis altamente colineares (**Figura c**), foi com auxílio da importância relativa das covariáveis sobre a variável resposta usando o pacote randomForest (Liaw & Weber, 2002). Adicionalmente, uso-se também o factor de inflação da variância (VIF) com limiar  $\geq 3$  para testar a colinearidade no pacote usdm (Naimi *et al.*, 2014). Tendo em conta a importância relativa e conhecimento ecológico sobre a espécie (Zuur *et al.*, 2009), as variáveis excluídas no modelo, são a Longitude-x, NPP, OXY, SSH, UO, MLD, SAD, day, month e year. De recordar que, coeficientes de correlação de Pearson, que podem ser influenciados por outliers também podem até contribuir para a colinearidade (Zuur, 2010).

### **5.5. Ajuste do Modelo Predictivo do Habitat Favorável da Espécie**

A construção e ajuste do modelo predictivo do habitat favorável da espécie a partir das variáveis oceanográficas e espaciais foi feito com auxílio do GAM (Wood, 2006). Este método já foi testado e comprovado em vários estudos para determinar o habitat preferencial ou de agregação da população e biomassa das espécies marinhas pelágicas e ou demersais (ex: Murase, 2009; Lopez *et al.*, 2017; Monk *et al.*, 2010; Moëzzi *et al.*, 2022; Setiawati *et al.*, 2024) e neste estudo mostrou-se aplicável para prever o habitat favorável de *Saurida undosquamis*.

A seleção de covariáveis significativas foi realizada aplicando um procedimento de eliminação regressiva, isto é, as variáveis previamente identificadas, foram ajustadas todas no modelo e foi se eliminado uma variável de cada vez de acordo com os seguintes critérios: (i) se a variação explicativa não incluir zero em toda a faixa de confiança de 95%; (ii) a pontuação do Critério de Informação Akaike (AIC) e o valor do “GVC-generalized cross-validation” reduzir com a eliminação da covariável não significativa, (iii) o desvio explicado mantiver-se constante ou ilustrar melhoria no desempenho do modelo (iv) a inspeção gráfica dos residuais comprovar a normalidade,

homogeneidade da variância e a linearidade entre os valores observados e modelados. Então, como os resultados estatísticos e a inspeção gráfica mostraram que os dados originais não seguiam a distribuição normal, os dados foram transformados para escala logarítmica e o modelo foi ajustado para atender aos critérios de normalidade da variável resposta (Underwood, 1997; Wood, 2006; Zuur *et al.*, 2009). Para o ajuste usou-se o pacote mgvc (Wood, 2006) e as variáveis selecionados pelo GAM para caracterizar o habitat favorável da espécie *Saurida undosquamis* foram as que constam no seguinte modelo:

**Biomassa**=  $\log(\text{Captura}+1) \sim s(y, k = 6, \text{bs} = \text{"cs"}) + s(\text{SSS}, k = 6, \text{bs} = \text{"cs"}) + s(\text{SST}, k = 6, \text{bs} = \text{"cs"}) + s(\text{VO}, k = 6, \text{bs} = \text{"cs"}) + s(\text{CHL}, k = 6, \text{bs} = \text{"cs"}) + s(\text{depth}, k = 6, \text{bs} = \text{"cs"}) + s(\text{soaktime}, k = 6, \text{bs} = \text{"cs"})$

A função  $\log(\text{Captura}+1)$  representa a captura na escala logaritma,  $s$  é a função suavizada do spline penalizado para as co-variáveis ambientais. Tratando-se de predictores simples, foram ajustadas com spline de regressão cúbica (cs) que permite modelar relações lineares e não lineares. O “cs” garante que um spline de regressão cúbica com encolhimento seja aplicado e um suavizador pode ter zero graus de liberdade e podem ser descartados do modelo (Zuur *et al.*, 2009). A dimensão  $k$ , representando os graus máximos de liberdade para cada termo suave e, foi definida como  $k = 6$  através do “*método de tentativa e erro*” (Wicklet *et al.*, 2019). Para avaliar e validar o desempenho do modelo foi aplicada a validação cruzada “*k-fold*” (James *et al.*, 2014) e, a precisão e o desempenho preditivo do modelo foi verificada usando a média da raiz quadrada do erro (RMSE), a correlação de Pearson ( $\rho$ ) e o índice de similaridade de “D” de Schoener (Zhang, 2016). Finalmente, quando o modelo foi validado, as variáveis significativas foram usadas para descrever ou caracterizar o habitat favorável da *Saurida undosquamis* considerando as correlações dos predictores oceanográficos com agregação da biomassa (ex: Murase, 2009; Monk *et al.*, 2010; Spaet *et al.*, 2020)

## 6. Resultados

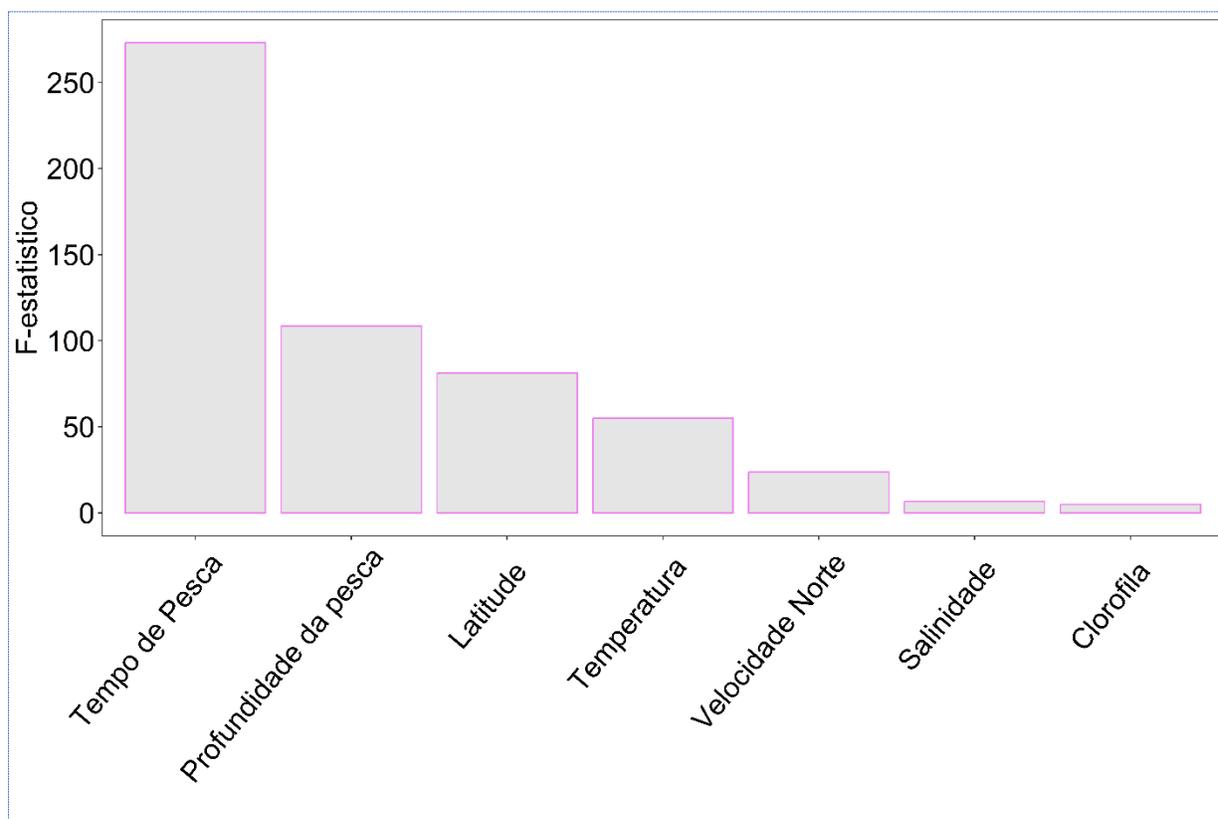
A relação entre as capturas e as variáveis ambientais selecionadas para este estudo pelo GAM, que caracterizam o habitat favorável da *Saurida undosquasmis* foram representados na Tabela 1. Todas as variáveis predictoras selecionadas no modelo, mostraram-se altamente significativas ( $p\text{-value} < 0,01$ ). A qualidade (bondade de ajuste) do modelo, foi adequado, isto é, o desvio explicado do modelo  $\sim 98\%$ , GVC  $\sim 0,22$ ,  $\rho \sim 98$ , RMSE  $\sim 3,00$  e o índice de similaridade de Shoener  $D \sim 97$  evidenciando um bom desempenho do modelo.

**Tabela 1:** Resultados estatísticos do Modelo GAM selecionados para a preferência do habitat da *Saurida undosquamis* no Canal de Moçambique. R2 ajustado- Coeficiente de Determinação, Dev. Explicado-Desvio Explicado, AIC- Critério de Informação de Akaike, GVC- Validação cruzada e generalizada, n- número de amostras, EDF- Graus de Liberdade Efectivos- DF. Residual- Graus de Liberdade dos residuais, Shonn Index D-Índice de similaridade de Shonner, Rho- Coeficiente de correlação de Pearson, RMSE- Erro dos mínimos quadrados, p-value Probabilidade de significância, F- estatístico-Teste estatístico de Fisher-Snedecor; Tempo de pesca(Soaktime)- o intervalo de tempo em que a rede está a pescar, isto é, a partir do momento em que a rede é lançada na água e encontra-se a pescar até ao momento em que se faz a despesca.

<b>Parâmetros</b>	<b>Modelo ajustado com Gaussian Family Identity Link</b>		
R2 ajustado	0.97		
Dev. Explicado (%)	97.80%		
AIC	-166.52		
GCV	0.22		
n	164.00		
EDF	34.50		
DF. Residual	129.50		
Shonn index D	97%		
Rho	98		
RMSE	3.00		
<b>Covariáveis</b>	<b>EDF</b>	<b>p-value</b>	<b>F-estatístico</b>
Latitude	4.99	<0,001	81.07
Salinidade	4.02	<0,001	6.57
Temperatura	4.99	<0,001	54.86
Velocida Norte	4.96	<0,001	23.74
Clorofila	4.60	<0,001	4.80
Profundidade de Pesca	4.93	<0,001	108.40
Tempo de Pesca	4.98	<0,001	273.06

Em termos de ordem de importância de contribuição de cada variável no desvio explicado pelo modelo, observa-se que as variáveis foram selecionadas pela seguinte ordem decrescente do factor F-estatístico: Tempo de pesca (F-estaitistico~273) > Profundidade da Pesca(F-estaitistico~108) > Latitude(F-estaitistico~81) > Temperatura (F-estaitistico~55) > Velocidade Norte (F-estaitistico~24) >

Salinidade(F-estaitistico7) > Clorofila(F-estaitistico~5) no desvio explicado das capturas de *Saurida undosquamis* (Figura 4).

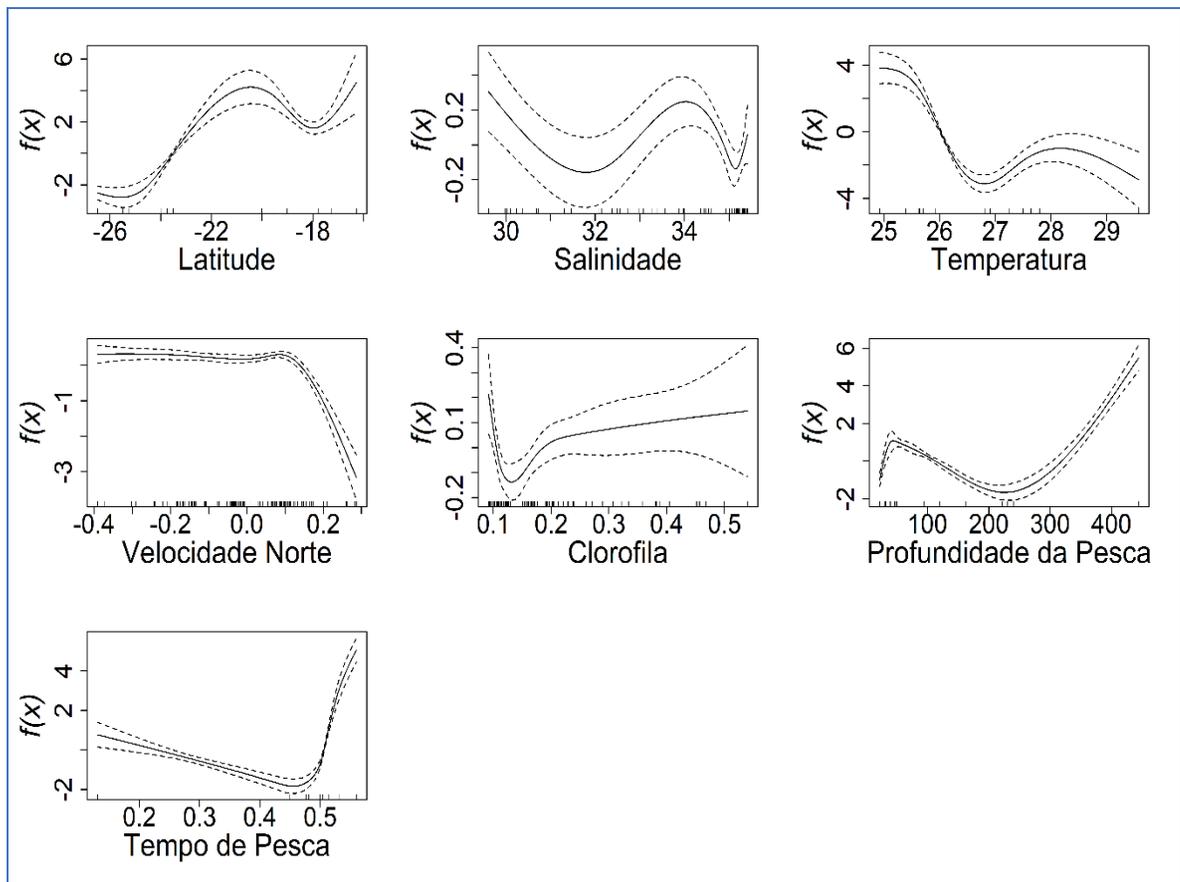


**Figura4:** Poder preditivo das variáveis selecionadas pelo GAM para variação das capturas da espécie *Saurida undosquamis*.

### 6.1. Efeitos das variáveis ambientais na determinação do habitat favorável da espécie

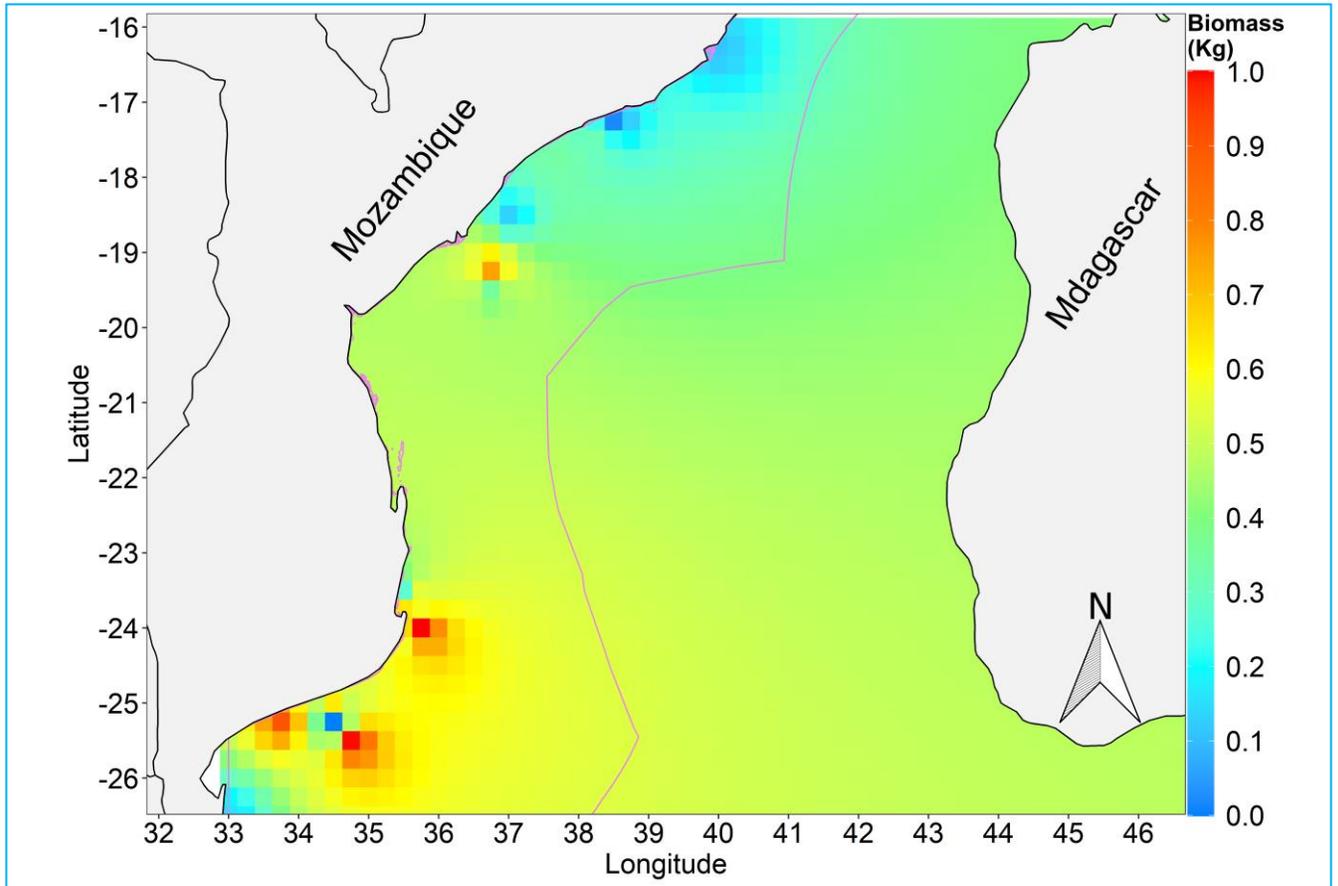
O habitat favorável da espécie *Saurida undosquamis* determinado a partir das variáveis ambientais selecionados pelo modelo GAM no canal de Moçambique foi ilustrado na **Figura5**. Latitudinalmente, a espécie prefere habitats <22° S, isto é, mostrando maior agregação da biomassa na direção norte da costa de Moçambique em águas cuja salinidade varia entre 30-35 pus, exibindo maior agregação em águas cujas temperaturas <26°C, quando as correntes movem em direção ao sul (**Figura5**). Estes ambientes onde a *Saurida undosquamis* agrega-se são productivas, isto é, a correlação das capturas e a clorofila é positiva a partir de valores superiores a 0.2µmg/cm<sup>-2</sup>. Em relação a distribuição vertical, o resultado mostra que a *S. undosquamis* é uma espécie das águas profundas, mas exibe dois grupos distintos, isto é, indivíduos que se agregam em águas cuja profundidade é menor que 200m e um outro grupo que habita em águas profundas entre 200-400 m (**Figura5**). O tempo da pesca, foi inversamente

relacionado com ocorrência da *Saurida undosquamis* em intervalos inferiores a 0.4 horas e posteriormente ilustrou uma relação positiva ascendente com o aumento do tempo da pesca para valores >0.4 horas (Figura5).



**Figura 5 :** Efeito das variáveis ambientais na ocorrência da *S.undosquasmis* na costa de Moçambique. As marcas de tracejadas no eixo x são pontos de dados observados. O eixo y indicado como f(x), representa a importância relativa das variáveis predictoras do modelo. As linhas tracejadas indicam os intervalos de confiança inferior e superior a 95%. As marcas pretas no eixo x indicam as observações.

Quando projectado a distribuição espacial da biomassa da *Saurida undosquamis* (Figura6, observou-se que o habitat favorável com maior agregação da biomassa da espécie situa-se nas águas profundas numa área delimitada pelas longitudes de 33°E-38°E e latitudes de 24°S - 26°S (Figura 6). Na zona Económica Exclusiva de Moçambique (ZEE) foi notável que esta espécie prefere ambientes profundos com águas caracterizadas por correntes intermédias a frias e vai reduzindo a sua biomassa no sentido norte e, entre as latitudes de 19°S-16°S próximo a costa de Moçambique (Figura 6), a espécie tende a ser ausente, isto é, este habitat tende a não ser favorável para esta espécie. Também, na região oceânica do Canal de Moçambique o habitat favorável situa-se nas latitudes >23°S (Figura 6).



**Figura 6:** Distribuição espacial da biomassa da *Saurida undosquamis* no canal de Moçambique. Contorno da linha violeta indicam a delimitação da ZEE de Moçambique e os habitats com maior agregação da espécie.

## 7. Discussão

A realização deste estudo foi com base na utilização de técnicas de modelagem de distribuição de espécies em função dos parâmetros ambientais para determinação do habitat favorável ou preferencial da espécie (Lopez *et al.*, 2017; Monk *et al.*, 2010; Moëzzi *et al.*, 2022; Setiawati *et al.*, 2024). A alta qualidade do modelo foi destacada pelos diversos parâmetros avaliados, como o desvio explicado de 98%, o AIC=-166,2, o R<sup>2</sup>=97%, o GCV=0,22, o Rho=98 e o RMSE=3.00, todos apontando para um bom desempenho do modelo predictivo do habitat favorável da *Saurida undosquamis* no CM. Segundo (Yen *et al.*, 2016), quando valores preditos seguem os limites dos valores observados o modelo é um bom candidato para prever a distribuição e agregação das espécies em habitats específicos.

Latitudinalmente, a *Saurida undosquamis* foi prevista com maior agregação em regiões acima de <22° S, principalmente na direção norte do banco de Sofala na costa de Moçambique. Esta região é caracterizada por uma plataforma continental longa de substrato arenoso ou lodoso sendo favorável para o arrasto do fundo e os peixes lagarto do gênero *Saurida* incluindo a *Saurida undosquamis*, são peixes comuns das plataformas continentais (Russel, 1999) alimentando-se de peixes pequenos pelágicos (anchova e salmonete-*Mullus surmuletus*), crustáceos e outros invertebrados (Fischer, 1990).

A espécie tem preferência por águas com temperaturas entre 25°C e 28°C (Sun *et al.*; 2023; Joseph & Jayaprakash, 2003). É sabido que o aumento da temperatura desempenha um papel importante no crescimento de juvenis de diversas espécies aquáticas, através dos seus efeitos na alimentação e metabolismo dos indivíduos, existindo para cada espécie um intervalo de temperaturas consideradas ótimas para o efeito (Haffray *et al.*, 2012) e, essas faixas de temperatura podem indicar áreas com maior disponibilidade de alimento para a espécie (Ben-Yami, 1971). No caso deste estudo, demonstrou-se que a *Saurida undosquamis* é encontrada em uma ampla gama de habitats costeiros e oceânicos com temperaturas de 25°C- 28°C, salinidade variável, mas geralmente prefere águas cuja salinidades varia entre 30 e 35 psu (Figura 5), áreas típicas de ambientes marinhos costeiros e de plataforma continental, para o sucesso evolutivo das espécies pelágicas e demersais (Ben-Yami, 1971). Em relação a distribuição vertical na coluna de água, a *Saurida undosquamis* comportou-se como uma espécie demersal, isto é, o habitat favorável da captura foi maioritariamente em águas profundas (>200m) associado ao substrato (Ben-Yami, 1971), visto que pequenos pelágicos se distribuem por profundidades inferiores a 200 m (Hoguane, 2007) que constituem preceas para estas espécie

A componente norte da velocidade das correntes revelou que a *Saurida undosquamis* agrega-se melhor em massas de águas que se movem na direção Sul ou em correntes estacionárias, isto é, em latitudes  $>18^{\circ}\text{C}$  onde as massas de águas profundas são intermediárias a frias (Charles *et al.*, 2020; Tew-Kai, 2010). As correntes de massas de águas frias e intermédias são caracterizadas por alta concentração de nutrientes e altamente productivas (Sarmiento & Gruber, 2006; Lali e Parson, 2004) desde que a intensidade luminosa seja suficiente para fotossíntese. Por isso, foi notável que nestas águas, há uma alta concentração da clorofila que se correlacionou positivamente com as capturas da espécie. Embora a *Saurida undosquamis* não se alimenta directamente do fitoplâncton, nos locais com maior concentração da clorofila, agrega os organismos zooplantónicos que constituem alimento para a espécie *S. undonquamis* (Russel, 1999), por isso que nos extratos onde este parâmetro oceanográfico acumula-se serve como um indicador do habitat favorável para a *S. undonquamis* e outras espécies.

O tempo de pesca (“soaktime”), não é um parâmetro oceanográfico, mas foi incluído no modelo para caracterizar o efeito do esforço nas capturas (Lopez *et al.*, 2017). Porém, por se tratar das capturas de arrasto do fundo, pode-se prever que o substrato onde a *Saurida undonquamis* foi capturada é mole (arenoso e lodoso ou de macrofitas tais como algas e ervas marinhas), permitindo inferir a preferência do habitat da espécie em estudo (Van der Reijden *et al.*, 2023). Portanto, dos factores anteriormente mencionados, as características do fundo, a configuração e o tamanho da plataforma continental e a deterioração dos habitats marinhos são factores que influenciam sobre a distribuição dos recursos pesqueiros (Anabela, 2000).

Esta espécie é economicamente importante nos golfos de Mersin e Iskenderun, Turquia (Torcu & Mater 2000; Bilecenoğlu, 2010) e está entre as espécies mais comuns capturadas na pesca de arrasto, compreendendo quase um terço das capturas comerciais de arrasto no nordeste do Levante (Cinar *et al.* 2005), nas águas costeiras da Índia (Joseph & Jayaprakash, 2003) entre outras regiões marinhas e costeiras. Deste modo, a distribuição e agregação observada no mapa da Figura 6, pode estar associado não apenas as condições ambientais, mas estando o fortemente relacionado a tecnologia de pesca aplicada (arrasto) é adequada para região costeira nas latitudes  $> 18^{\circ}\text{S}$ , contrariamente a zona norte ( $<18^{\circ}\text{S}$ ) que é caracterizado por litoral de fundos coralíferos e rochosos (MP,2010).

E, tendo em conta que os resultados desta pesquisa fornecem informações preliminares sobre a ecologia e o comportamento da espécie no Canal de Moçambique que são importantes para a

exploração e gestão dos recursos marinhos na região, a compreensão da preferência de habitat da *S. undosquamis* é crucial para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável e a implementação de medidas de conservação eficazes. Destacam a importância de várias variáveis ambientais na determinação do habitat favorável da *Saurida undosquamis* que fornecem uma base relevante para futuras pesquisas desta espécie e outros pequenos pelágicos com um valor ecológico e socioeconômico elevado na região do Canal de Moçambique.

## 8. Conclusão

O modelo GAM demonstrou uma boa qualidade de ajuste, com um alto percentual de desvio explicado de 98% e um índice de similaridade de Shoener de 97%, indicando um bom desempenho do modelo na explicação do habitat favorável da espécie. Assim, as variáveis que melhor se relacionam com a variação das capturas selecionadas pelo modelo foram: latitude, temperatura, salinidade, profundidade de captura, correntes da componente norte e clorofila-a.

A *S. undosquamis* foi inversamente relacionado com a latitude, temperatura da água e correntes que se movem na direção norte, estando positivamente correlacionado com águas profundas > 200m.

Apesar do Tempo de pesca (F-estatístico~273) ter explicado maior variação da captura, as quatro variáveis (profundidade, latitude, temperatura e velocidade das correntes), exercem maior influência na preferência do habitat e explicaram a maior variação das capturas da espécie, isto é, o F-estatístico mostrou que o rácio do desvio explicado e não explicado para profundidade foi de ~108, latitude ~81, temperatura da água ~55 e velocidade das correntes norte ~24ms<sup>-1</sup>.

A análise revelou que a *S. undosquamis* é uma espécie demersal, encontrada geralmente em profundidades de até 400m, maior abundância nas latitudes de 18°S a 26° S com maior agregação prevista em latitudes acima de 22° S, principalmente na direção norte da costa de Moçambique, e nas águas cujas temperaturas variam entre 25°C e 27°C e salinidade entre 30 e 35 psu. A distribuição da espécie é influenciada pela velocidade da corrente norte e pela concentração de clorofila na água.

## **Recomendações**

- ✓ Realização de estudos sobre a dieta alimentar da *Saurida undosquasmis* no Canal de Moçambique devem feitos;
- ✓ Realização de estudos sobre os impactos das mudanças climáticas na redistribuição das Sauridas no Canal de Moçambique;
- ✓ Estudos de ecologia de habitat usando dados das capturas e combinados com o mapeamento do fundo dos substratos marinhos;
- ✓ Aplicação de outros modelos que podem complementar este estudo e contribuir para a robustez dos resultados e as conclusões obtidas nestes estudos; e
- ✓ Aplicar outras artes de pesca ou outros métodos de observação para permitir uma maior cobertura espacial, particularmente na região norte e outros ambientes em que o arrasto não é aplicável.

## 9. Referências bibliográficas

Agenbag, J. J., Richardson, A. J., Demarcq, H., Fréon, P., Weeks, S., & Shillington, F. A. (2003). Estimating environmental preferences of South African pelagic fish species using catch size-and remote sensing data. *Progress in Oceanography*, 59(2-3), 275-300.

AquaMaps. (2019,). Mapas de distribuição gerados por computador para *Saurida undosquamis* (peixe-lagarto-dente-de-escova), com mapa do habitat favorável modelado para o ano 2050 com base no cenário de emissões do IPCC RCP8.5.

Bailey, M. C., Maravelias, C. D., & Simmonds, E. J. (1998). Changes in the spatial distribution of autumn spawning herring (*Clupea harengus* L.) derived from annual acoustic surveys during the period 1984–1996. *ICES Journal of Marine Science*, 55, 545–555.

Bellido, J. M., Brown, A. M., Valavanis, V. D., Giráldez, A., Pierce, G. J., Iglesias, M., & Palialexis, A. (2008). Identifying essential fish habitat for small pelagic species in Spanish Mediterranean waters. *Essential Fish Habitat Mapping in the Mediterranean*, 171-184.

Beare, D. J., Reid, D. G., & Petitgas, P. (2002). Spatio-temporal patterns in herring (*Clupea harengus* L.) school abundance and size in the northwest North Sea: modelling space– time dependencies to allow examination of the impact of local school abundance on school size. *ICES Journal of Marine Science*, 59, 469–479.

Ben-Tuvia, A. (1966). Red Sea Fishes Recently Found in the Mediterranean. *Copeia*, 1966(2), 254–275.

Ben-Yami, M., & Glaser, T. (1974). The invasion of *Saurida undosquamis* (Richardson) into the Levant Basin: an example of biological effect of interoceanic canals. *Fishery Bulletin*, 172, 359–373.

Bilecenoğlu, M. (2010). Alien marine fishes of Turkey—an updated review. In D. Golani & B. Appelbaum-Golani (Eds.), *Fish Invasions of the Mediterranean Sea: Change and Renewal* (pp. 189–217). Pensoft Publishers.

Bonnacorso, E., Koch, I., & Peterson, T. (2006). Pleistocene fragmentation of Amazon species' ranges. *Diversity and Distributions*, 12(2), 157-164.

Cárdenas, S. (2010). A contribution to the taxonomy of the marine fish genus *Aulopiformes* (Scynotidae), with descriptions of two new species from Southern Africa. *Ichthyological Bulletin*, 65, 1–40.

Charles, C., Pelleter, E., Révillon, S., Nonnotte, P., Jorry, S. J., & Kluska, J. M. (2020). Intermediate and deep ocean current circulation in the Mozambique Channel: New insights from ferromanganese crust Nd isotopes. *Marine Geology*, 430, 106356.

Chassot, E., Bodin, N., Sardenne, F., & Obura, D. (2019). The key role of the Northern Mozambique Channel for Indian Ocean tropical tuna fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 29, 613-638.

Cinar, M. E., Bilecenoglu, M., Öztürk, B., Katagan, T., & Aysel, V. (2005). Alien species on the coasts of Turkey. *Mediterranean Marine Science*, 6, 119–146.

Ebango Ngando, N., Song, L., Cui, H., & Xu, S. (2020). Relationship between the spatiotemporal distribution of dominant small pelagic fishes and environmental factors in Mauritanian waters. *Journal of Ocean University of China*, 19, 393-408.

El-Ganainy, A.A. (2004). Biological characteristic and fishery assessment of the lizard fish *Saurida undosquamis* from the Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 8(2): 93-113.

El-Halfawy, M. M., Amin, A. M., & Ramadan, A. M. (2007). Crescimento e reprodução de fêmeas de peixe-lagarto *Saurida undosquamis* (Richardson) do Golfo de Suez, Egito. *Jornal de Pesca e Ciências Aquáticas*, 24(1–2), 143–148.

El-Halfawy, M. M., Amin, A. M., & Ramadan, A. M. (2007). Growth and reproduction of female brushtooth lizard fish *Saurida undosquamis* (Richardson) from the Gulf of Suez, Egypt. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(1–2), 143–148.

Fernando, L. R. (2019). Análise das correntes à superfície na região norte do Canal de Moçambique. *Dissertação de Licenciatura*. Universidade Eduardo Mondlane. Moçambique.

Fischer, W., I. Sousa, C. Silva, A. de Freitas, J.M. Poutiers, W. Schneider, T.C. Borges, J.P. Feral and A. Massinga, 1990. Fichas FAO de identificação de espécies para actividades de pesca. *Guia de campo*

das espécies comerciais marinhas e de águas salobras de Moçambique. Publicação preparada em colaboração com o Instituto de Investigação Pesqueira de Moçambique, com financiamento do Projecto PNUD/FAO MOZ/86/030 e de NORAD. Roma, FAO. 1990. 424 p

Helfan, G., Silon, D., & Churd, H. (2017). The evolution of fangs across ray-finned fishes (Actinopterygii) 46(3-7), 34-99.

Huang TH (2009) Carbon dioxide variation in Taiwan Strait and the northern South China Sea. MS Thesis, Institute of Marine Geology and Chemistry, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan, ROC.

Delignette-Muller, M. L., & Dutang, C. (2015). fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions. *Journal of Statistical Software*, 64(4), 1-34.

Gökçe, G., Sangün, L., Özbilgin, H., & Bilecenoğlu, M. (2007). Growth and mortality of the brushtooth lizardfish (*Saurida undosquamis*) in Iskenderun Bay (eastern Mediterranean Sea) using length frequency analysis. *Journal of Applied Ichthyology*, 23, 697–699.

Golani, D. (1990). Environmentally-induced meristic changes in Lessepsian fish migrants, a comparison of source and colonizing populations. *Bulletin of the Institute of Oceanography and Fisheries (Monaco)*, 7(Special issue):143-152.

Golani, D., & Ben-Tuvia, A. (1995). Lessepsian migration and the Mediterranean fisheries of Israel. In N. B. Armantrout (Ed.), *Conditions of the World's Aquatic Habits. Proceedings of World Fisheries Congress. Theme 1*. Oxford & IBH Pub. Co. Pvt. Ltd., New Delhi, pp 279–289.

Golani, D., & Bogorodsky, S. V. (2010). The fishes of the Red Sea-reappraisal and updated checklist. *Zootaxa*, 2463, 1–135.

Haffray, P., Malha, R., Ould Taleb Sidi, M., Prista, N., Hassan, M., Castelnaud, G., ... Bonhomme, F. (2012). Very high genetic fragmentation in a large marine fish, the meagre *Argyrosomus regius* (Sciaenidae, Perciformes): Impact of reproductive migration, oceanographic barriers and ecological factors. *Aquatic Living Resources*, 25(2), 173–183.

Hijmans, R. J., & Elith, J. (2017). *Species distribution modeling with R*.

Hoguane, A. M. (2007). *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 7(1), 69-82.

Ismen, A. (2003). Maturity and fecundity of lizard fish (*Saurida undosquamis* Richardson, 1848) in Iskenderun Bay (Eastern Mediterranean). *Turkish Journal of Zoology*, 27: 231-238.

Joseph, M. M., & Jayaprakash, A. A. (2003). Status of exploited marine fishery resources of India. *Kochi: Central Marine Fisheries Research Institute*, 157.

Katsanevakis S, Maravelias CD, Damalas D, Karageorgis AP, Tsitsika EV, Anagnostou C, Papaconstantinou C (2009) Spatiotemporal distribution and habitat use of commercial demersal species in the eastern Mediterranean Sea. *Fish Oceanogr* 18:439–457

Liaw, A., & Wiener, M. (2002). Classification and Regression by randomForest. *R News*, 2(3), 18--22.

Lopez, J., Moreno, G., Lennert-Cody, C., Maunder, M., Sancristobal, I., Caballero, A., & Dagorn, L. (2017). Environmental preferences of tuna and non-tuna species associated with drifting fish aggregating devices (DFADs) in the Atlantic Ocean, ascertained through fishers' echo-sounder buoys. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 140, 127-138.

Mahmoud, H. H., El Haweet, A. A. K., & Dimech, M. (2014). Stock assessment of the alien species Brushtooth lizard fish, *Saurida undosquamis* (Richardson, 1848) in the Egyptian Mediterranean coast. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40(4), 443–450.

Manuel João, A. (2000). Distribuição e dieta de tubararões capturados na pesca industrial de arrasto a sul de Moçambique.

MILONE, G. (2009). *Estatística geral e aplicada*. São Paulo: Centage Learning. ISBN 85-221-0339-9. Capítulo 12.

MIMAIP., 2023. Conclusão da Elaboração da Estratégia De Desenvolvimento Da Economia Azul (EDEA). *Mz\_volume\_2\_230525*

Monk, J., Ierodiaconou, D., Versace, V. L., Bellgrove, A., Harvey, E., Rattray, A., ... & Quinn, G. P. (2010). Habitat suitability for marine fishes using presence-only modelling and multibeam sonar. *Marine Ecology Progress Series*, 420, 157-174.

Moëzzi, F., Poorbagher, H., Eagderi, S., Fegghi, J., Dormann, C. F., Nergi, S. K., & Amiri, K. (2022). Modelling habitat preference of Caspian Kutum, *Rutilus kutum*, using non-linear habitat suitability indices and generalized additive models. *Regional Studies in Marine Science*, 56, 102715

Murase, H., Nagashima, H., Yonezaki, S., Matsukura, R., & Kitakado, T. (2009). Application of a generalized additive model (GAM) to reveal relationships between environmental factors and distributions of pelagic fish and krill: a case study in Sendai Bay, Japan. *ICES Journal of Marine Science*, 66, 1417–1424.

Naimi, B., Hamm, N. A., Groen, T. A., Skidmore, A. K., & Toxopeus, A. G. (2014). Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling. *Ecography*, 37, 191-203.

Nataniel, A., Lopez, J., & Soto, M. (2021). Modelling seasonal environmental preferences of tropical tuna purse seine fisheries in the Mozambique Channel. *Fisheries Research*, 243.106073

Nóbrega, C. C., & De Marco Junior, P. (2011). Unprotecting the rare species: a niche-based gap analysis for odonates in a core Cerrado area. *Diversity and Distributions*, 17(3), 491-505.

Peters, F., & Marrase, C. (2000). Effects of turbulence on plankton: an overview of experimental evidence and some theoretical considerations. *Mar. Ecol. Prog.*, p. 291–306

Pierce, D. (2017). *ncdf4: Interface to Unidata netCDF (version 4 or earlier) format data files.*

Polis, G.A., Holt, R.D., 1992. Intraguild predation: the dynamics of complex trophic interactions. *Trends Ecol. Evol.* 7, 151–154.

Ternon, J.F., Bach, P., Barlow, R., Huggett, J., Jaquemet, S., Marsac, F., Ménard, F., Penven, P., Potier, M., Roberts, M.J., 2014. The Mozambique Channel: From physics to upper trophic levels. *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 100, 1–9.

Tew-Kai, E., Marsac, F., 2010. Influence of mesoscale eddies on spatial structuring of top predators' communities in the Mozambique Channel. *Prog. Oceanogr.* 86, 214–223.

<https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.04.010> Richardson, J. (1848). Ichthyology of the voyage of H. M. S. Erebus & Terror. In J. Richardson & J. E. Gray (Eds.), *The zoology of the voyage of H. H. S.*

“Erebus & Terror,” under the command of Captain Sir J. C. Ross ... during ... 1839-43, 2(2), i–viii + 1–139 pp., pls. 1–60 pls. London.

Roshdy, A. A., El-Ganainy, A. A., El-Mor, M. E., & Ali, A. A. (2021). Reproductive Biology of the Brushtooth Lizardfish (*Saurida undosquamis*)(Richardson, 1848) Inhabiting the Northern Gulf of Suez and the South-Eastern Mediterranean Sea. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 25(6).

Russell, B. C. (1999). Synodontidae: lizardfishes (also bombay ducks, sauries). In K. E. Carpenter and V. H. Niem (Eds.), *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Vol. 3. Batoid fishes, chimaeras and bony fishes. Part 1 (Elopidae to Linophrynidae)*. FAO, Rome. pp. 1397-2068.

Russell, B. C., Golani, D., & Tikochinski, Y. (2015). *Saurida lessepsianus* a new species of lizardfish (Pisces: Synodontidae) from the Red Sea and Mediterranean Sea, with a key to *Saurida* species in the Red Sea. *Zootaxa*, 3956(4), 559-568.

Solanki, H. U., Bhatpuria, D., & Chauhan, P. (2017). Applications of generalized additive model (GAM) to satellite-derived variables and fishery data for prediction of fishery resources distributions in the Arabian Sea. *Geocarto international*, 32(1), 30-43.

Spaet, J. L., Manica, A., Brand, C. P., Gallen, C., & Butcher, P. A. (2020). Environmental conditions are poor predictors of immature white shark *Carcharodon carcharias* occurrences on coastal beaches of eastern Australia. *Marine Ecology Progress Series*, 653, 167-179.

Sun, C. H., Huang, Q., Gu, Y. L., Huang, X. Y., Du, H. W., Lao, Y. L., ... & Zhang, Q. (2023). Genetic diversity and population structure of *Saurida undosquamis* in the South China Sea based on *Cytb* and the control region. *Global Ecology and Conservation*, 48, e02740.

Suzuki, R., Behera, S.K., Iizuka, S., Yamagata, T., 2004. Indian Ocean subtropical dipole simulated using a coupled general circulation model. *J. Geophys. Res. C Ocean*. 109, 1–18. <https://doi.org/10.1029/2003JC001974>

Swartzman, G. (1997). Analysis of the summer distribution of fish schools in the Pacific Eastern Boundary Current. *ICES Journal of Marine Science*, 54, 105 –116.

Swartzman, G., Brodeur, R., Napp, J., Hunt, G., Demer, D., & Hewitt, R. (1999). Spatial proximity of age-0 walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) to zooplankton near the Pribilof Islands, Bering Sea, Alaska. *ICES Journal of Marine Science*, 56, 545–560.

Swartzman, G., Silverman, E., & Williamson, N. (1995). Relating trends in walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) abundance in the Bering Sea to environmental factors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52, 369–380.

Swartzman, G., Stuetzle, W., Kulman, K., & Powojowski, M. (1994). Relating the distribution of pollock schools in the Bering Sea to environmental factors. *ICES Journal of Marine Science*, 51, 481–492.

Torcu, H., & Mater, S. (2000). Peixes lessepsanos que se espalham ao longo das costas do Mediterrâneo e do sul do Mar Egeu da Turquia. *Jornal Turco de Zoologia*, 24, 139–148

Ullgren, J., Aken, H., Ridderinkhof, H., Ruitjer, W. de, 2012. The hydrography of the Mozambique Channel from six years of continuous temperature, salinity, and velocity observations. *Deep Sea Res. Part I Oceanogr. Res. Pap.* 69, 36–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dsr.2012.07.003>

Van der Reijden, K. J., Ernsten, V. B., Olsen, J., Dinesen, G. E., Leth, J. O., & Eigaard, O. R. (2023). Improving seabed substrate mapping with high-resolution bottom trawl data. *Marine Environmental Research*, 186, 105935.

Wang LW (2007) Inter-annual variability of marine biogeochemistry at the SEATS site: application of a one-dimensional coupled physical-biogeochemical model. Ph.D. Dissertation, Institute of Marine Geology and Chemistry, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan, ROC.

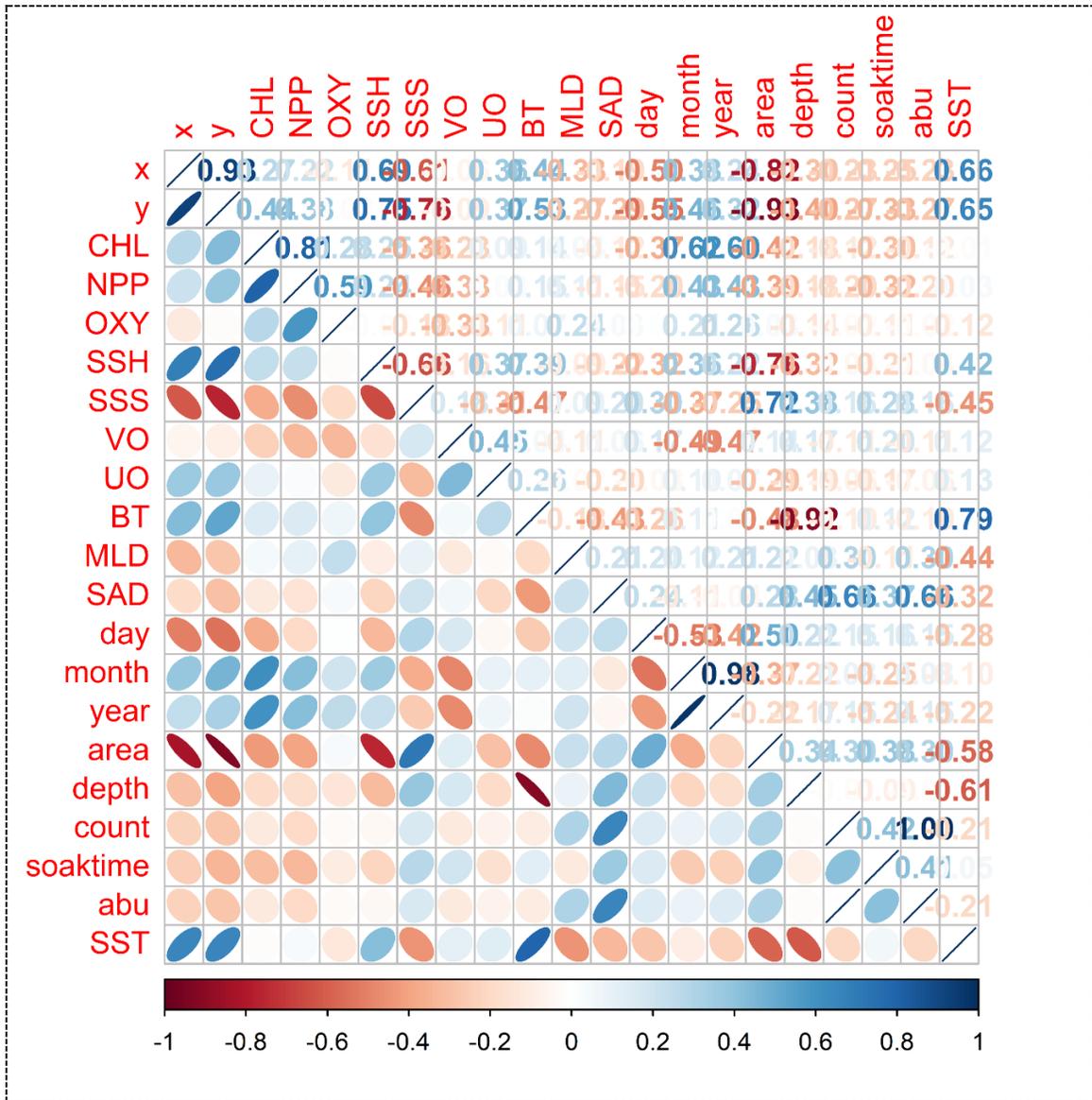
Wild, A., & Hampton, J. (1993). A review of biology and fisheries for skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the Pacific Ocean. *FAO Fisheries Tech. Paper*, Roma.

Yen, K. W., Su, N. J., Teemari, T., Lee, M. A., & Lu, H. J. (2016). Predicting the catch potential of skipjack tuna in the western and Central Pacific Ocean under different climate change scenarios. *Journal of Marine Science and Technology (Taiwan)*, 24(6), 1053–1062.

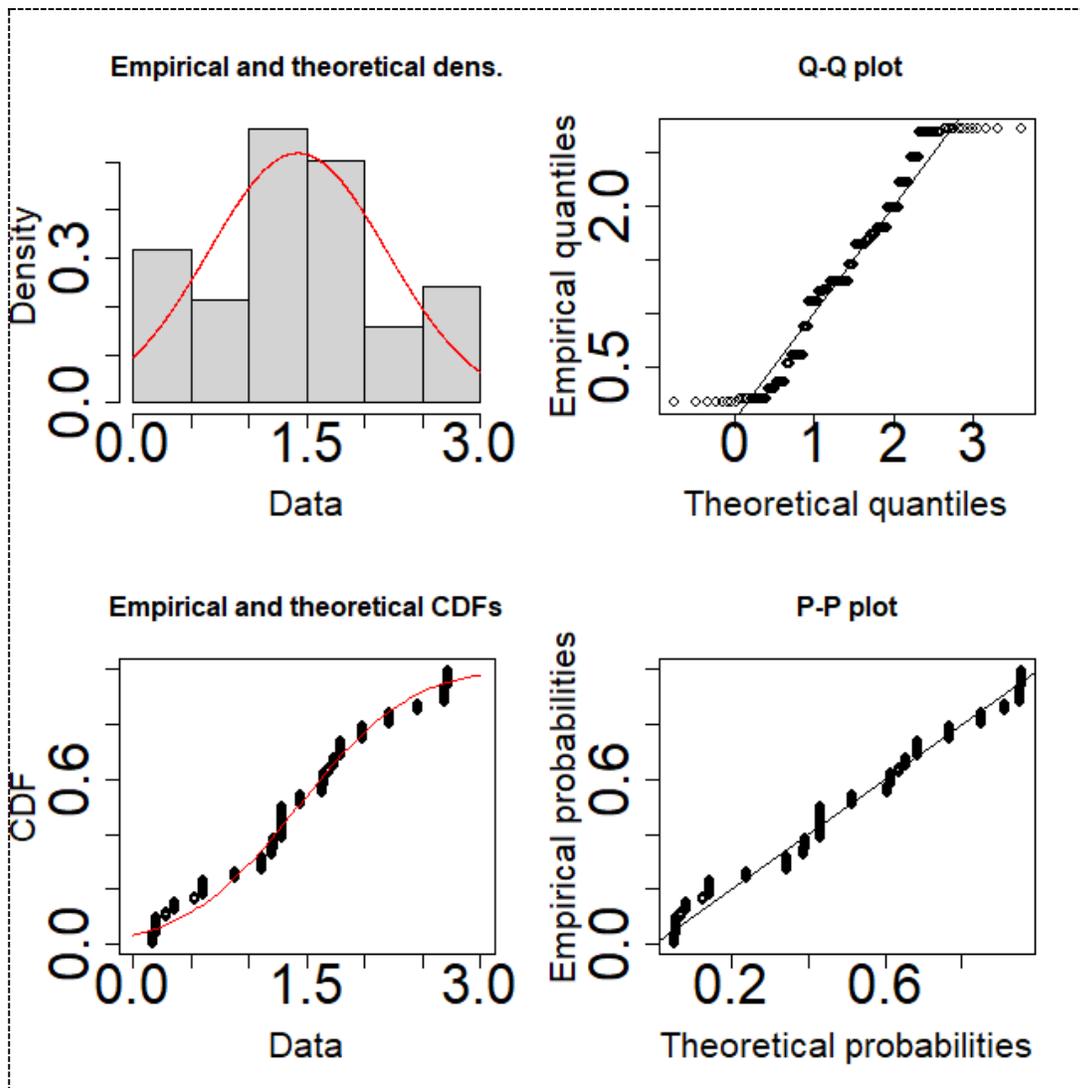
Zuur, A. F., Ieno, E. N., & Elphick, C. S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, 1(1), 3–14.

Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer Science, 2, 1–564.

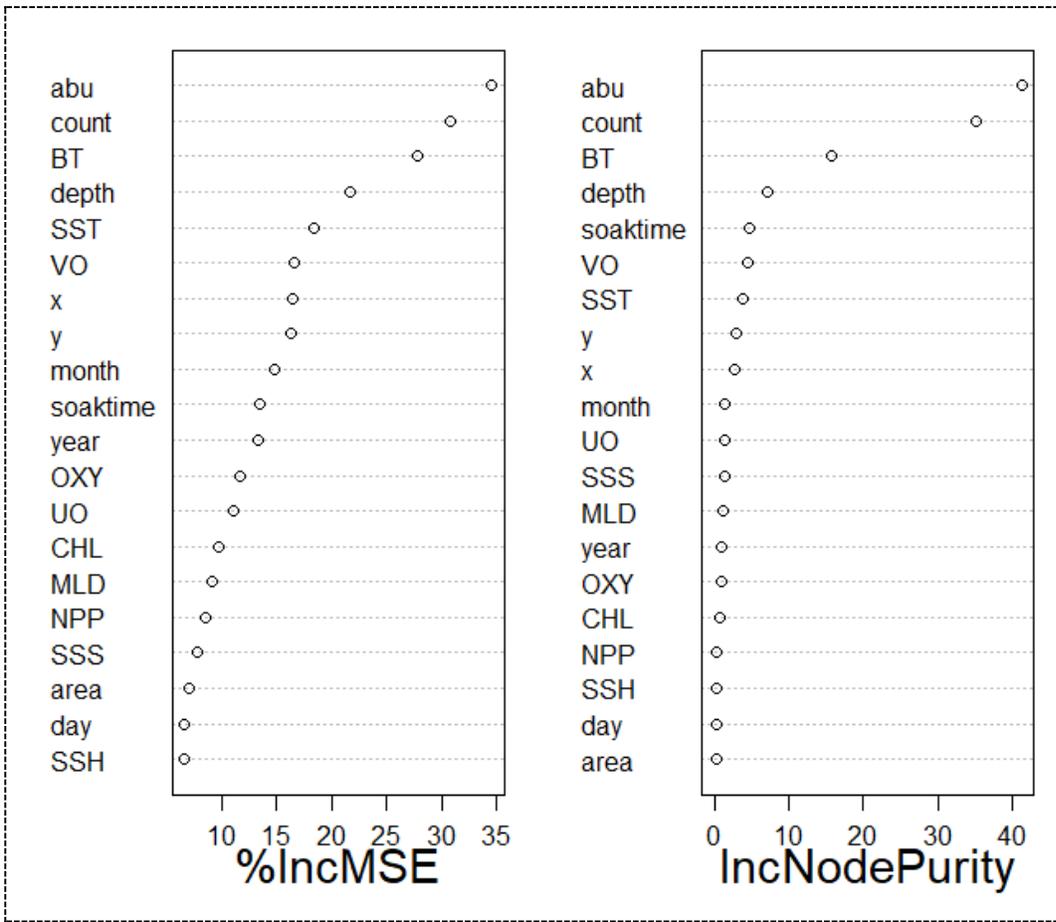
## 9. Anexos



**Figura a–** Correlação de Pearson entre as variáveis predictoras usadas para seleccionar o Modelo. . SSH- altura da superfície do mar, SST- temperatura da superfície do mar, Oxy-Oxigénio dissolvido, pH-Potencial de Hidrogénio, SSS-Salinidade da Superfície do Mar , NPP-Produtividade Primária Líquida , PHYC- Fitoplancton , Uo- Velocidade da Corrente no Sentido Este, y-Longitude em graus, x-Latitude em graus e Year-ano.



**Figura b.** Distribuição normal da variável resposta transformada na escala logarítmica para ajuste do modelo GAM. Painel superior esquerdo ilustra o histograma da distribuição da densidade, o painel superior a direita mostra o qqplot com cerca de 95% dos pontos na linha de referência de 45 graus justificando a normalidade, painel inferior esquerdo descreve as probabilidades de uma variável aleatória ter valores menores ou iguais a  $x$



**Figura c:** Classificação das variáveis predictoras em relação a preferência do habitat da *Saurida undosquasmis* ordenados de forma decrescente de acordo com a sua importância relativa usando o randomForest. Abu, count, BT, depth, SST, VO, x,y, month, soaktime, year, OXY,Uo, CHL, MLD, NPP, SSS, area, day, SSH