



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
CURSO DE OCEANOGRAFIA**



Luís Henrique França de Carvalho Lins

Estado do Conhecimento, variação espaço-temporal da abundância e estrutura populacional da *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829), explorada na região nordeste do Brasil

RECIFE

2021

Luís Henrique França de Carvalho Lins

Estado do Conhecimento, variação espaço-temporal da abundância e estrutura populacional da *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829), explorada na região nordeste do Brasil

Monografia apresentada ao Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como pré-requisito para a conclusão do curso de Bacharelado em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Francisco de Nóbrega

RECIFE
2021

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

L759

Lins, Luís Henrique França de Carvalho.

Estado do Conhecimento, variação espaço-temporal da abundância e estrutura populacional da *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829), explorada na região nordeste do Brasil / Luís Henrique França de Carvalho Lins. - 2021.

51 folhas, il.; tab.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Francisco de Nóbrega.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Oceanografia, 2021.

Inclui Referências.

1 Oceanografia. 2. Cavala branca. 3. CPUE. 4. Estrutura
5. Variabilidade espaço-temporais. 6. Oceanografia pesqueira. II. Nóbrega, Marcelo Francisco de (Orientador). III. Título.

UFP

551.46 CDD (22.

BCTG/2022-

Luís Henrique França de Carvalho Lins

Estado do Conhecimento, variação espaço-temporal da abundância e estrutura populacional da *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829), explorada na região nordeste do Brasil

Monografia apresentada ao Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como pré-requisito para a conclusão do curso de Bacharelado em Oceanografia.

Aprovado em: 21/12/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Francisco de Nóbrega (Orientador)
Departamento de Oceanografia – UFPE

Profa. Dra. Beatrice Padovani Ferreira (Examinador Interno)
Departamento de Oceanografia- UFPE

Prof. Dr. Jorge Eduardo Lins Oliveira (Examinador Externo)
Departamento de Oceanografia e Limnologia-UFRN

MSc. Walter Dennis Menezes de Oliveira (Examinador Interno)
Doutorando Programa de Pós-graduação em Oceanografia - UFPE

Aos meus avós, seu Jonival e dona Terezinha, que desde muito cedo deixaram sua terra natal em busca de melhores condições para sua família. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Este texto geralmente é o último a ser escrito e um dos mais difíceis em minha opinião, pois nos faz lembrar de pessoas que estiveram ao meu lado durante toda minha trajetória na graduação, seja me ensinando coisas novas ou me apoiando nos momentos mais complicados.

Antes de tudo, gostaria de agradecer aos meus familiares, em especial meus pais que foram e permanecem sendo essenciais para minha formação. Nunca deixaram de acreditar em mim, apesar das dificuldades impostas durante minha trajetória acadêmica. Além da minha irmã, Isabela, que sempre esteve presente nos bons e maus momentos.

Agradeço ao meu orientador, professor Marcelo Francisco de Nobrega, pelo incentivo e por todos os ensinamentos. Poucas pessoas têm a paciência e perseverança que o Marcelo tem. Serei eternamente grato por tudo.

Agradeço à equipe do Laboratório de Avaliação e Geoprocessamento de Estoques Pesqueiro, mais precisamente meus amigos Walter e Matheus, que nos últimos meses estiveram sempre à disposição para solucionar minhas dúvidas em estatística.

Agradeço a Bruna que, ao longo de todos estes anos, se revelou uma grande amiga e companheira. Obrigado pela paciência e por todo carinho.

Agradeço a todos os meus amigos, professores e corpo técnico que estiveram presentes na minha formação. Agradeço a cumplicidade e por acreditarem em mim sempre.

RESUMO

Compreender o grau de conhecimento sobre os recursos marinhos explorados é essencial para a implementação de políticas de ordenamento, favorecendo assim o desenvolvimento de uma pesca sustentável. Com isto, o presente estudo se propôs a realizar um levantamento bibliométrico sobre o gênero *Scomberomus* na região do oceano Atlântico Ocidental, e analisar as variações espaço-temporais da abundância e estrutura populacional da cavala-branca, *Scomberomorus cavalla*, na região nordeste do Brasil. Uma bibliometria foi realizada na base de dados “Scopus”. Dois bancos de dados foram utilizados para o estudo das variações da abundância e estrutura populacional: projeto REVIZEE (1998-2000), abrangendo os estados da Bahia, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará, e o projeto REPENSAPESCA (2019-2021), com desembarques registrados apenas no Rio Grande do Norte. A abundância foi estimada através da CPUE (captura por unidade de esforço), gerada a partir da divisão do peso total da espécie pela quantidade de dias de pesca. A relação entre abundância e as variáveis temporais e espaciais foi estabelecida através da utilização dos modelos aditivos generalizados (GAM). Enquanto para variações da estrutura populacional foram analisados os comprimentos e idades ao longo do tempo. Os estudos sobre o gênero *Scomberomorus* na região do Atlântico Ocidental foram impulsionados a partir dos anos 80 e os principais temas abordados foram aspectos ecológicos gerais do táxon. Os países que mais publicam sobre o gênero são o Brasil e os EUA, sendo o primeiro com mais publicações colaborativas. O modelo estabelecido para abundância relativa da cavala-branca na região nordeste indicou que as variáveis distância da costa, estados e meses foram estatisticamente significativas para o período de 1998 a 2000. Enquanto, a profundidade, tipo de substrato e meses foram significativas para o modelo do período de 2019 a 2021. As maiores abundâncias foram estimadas no primeiro período estudado. A partir da relação da abundância com as variáveis preditoras observou-se que a espécie habita áreas da plataforma continental

externa, próximas ao talude e que as maiores agregações ocorrem durante o primeiro semestre em ambos os períodos. As proporções de jovens e adultos nas capturas foram semelhantes para os dois períodos. De uma forma geral, a estrutura de tamanhos e idades, assim como a abundância não apresentaram grandes variações, no intervalo de aproximadamente 20 anos de exploração. Entretanto, o segundo período de estudo abrangeu apenas o estado do Rio Grande do Norte. Estudos que contemplem toda a região nordeste são necessários, a fim de verificar qual a real situação da abundância e estrutura populacional da cavala-branca em todo o nordeste brasileiro.

Palavras-chave: cavala branca; CPUE; estrutura etária; variabilidade espaço-temporais; oceanografia pesqueira.

ABSTRACT

Understanding the degree of knowledge about the exploited marine resources is essential for the implementation of management policies, thus favoring the development of sustainable fisheries. Therewith, the present study aimed to conduct a bibliometric survey on the genus *Scomberomorus* (Scombridae) in the Western Atlantic Ocean, and to analyze the spatio-temporal variations of the abundance and population structure of the King Mackerel, *Scomberomorus cavalla*, in the northeastern of Brazil. A bibliometric study was carried out in the "Scopus" database. Two databases were used to study variations in abundance and population structure: REVIZEE program (1998-2000), covering the states of Bahia, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte and Ceará, and REPENSAPESCA project (2019-2021), with landings recorded only in Rio Grande do Norte. The abundance was estimated through the CPUE (catch per unit effort), generated by dividing the total weight of the species by the number of fishing days. The relationship between abundance and temporal and spatial variables was established using generalized additive models (GAM). While for variations in population structure, lengths and ages over time were analyzed. Studies on the genus *Scomberomorus* in the Western Atlantic region were boosted from the 1980s and the main topics addressed were general ecological aspects of the taxon. The countries that most publish on the genus are Brazil and the USA, with the former having more collaborative publications. The model established for relative abundance of mackerel in the northeast region indicated that the variables distance from the coast, states and months were statistically significant for the period 1998 to 2000. Whereas, depth, substrate type, and months were significant for the model for the period 2019 to 2021. The highest abundances were estimated in the first period studied. From the relationship of abundance with the predictor variables it was observed that the species inhabits areas of the outer continental shelf, close to the shelf edge and that the largest aggregations occur during the first semester in both periods. The proportions of juveniles and adults in the catches were similar for both periods. In general, the size and age structure, as well as the abundance did not show large variations over the interval of approximately 20 years of exploration. However, the second study period covered only the state of Rio Grande do Norte. Studies that cover the entire northeastern region are necessary to verify the real situation of abundance and population structure of the king mackerel

throughout northeastern Brazil.

Keywords: king mackerel; CPUE; age structure; spatiotemporal variability; fisheries oceanography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Área de estudo mostrando as áreas de pesca e abrangência das capturas da cavala-branca para ambos os períodos: REVIZEE (1998-2000) e REPENSAPESCA (2019-2021).	19
Figura 2	Publicações científicas sobre o gênero <i>Scomberomorus</i> na região do Oceano Atlântico Ocidental ao longo dos anos.	25
Figura 3	Agrupamento das principais palavras-chave sobre o tema, onde a proximidade entre as palavras indica o grau de relação e o tamanho dos círculos indica o número de citações.	26
Figura 4	Frequência dos principais termos utilizados nas publicações ao longo dos anos.	27
Figura 5	Mapa representando a rede de cooperação entre países.	28
Figura 6	Gráfico representando o número de publicações de autoria própria e colaboração entre países.	29
Figura 7	Exemplar da <i>Scomberomorus cavalla</i> capturada no Nordeste do Brasil	30
Figura 8	Box-plot das capturas por unidade de esforço em relação às variáveis explicativas para ambos os períodos estudados; em relação aos anos (a), distância da costa (b), Estados (c) (REVIZEE) e em relação aos anos (d), profundidade (e) e tipos de fundo (f) (REPENSAPESCA).	32
Figura 9	Distribuição de frequência da CPUE para os períodos estudados: 1998-2000 (azul) e 2019-2021 (vermelho).	33
Figura 10	Diagnóstico dos resíduos do modelo GAM ajustado para os dados de CPUE da cavala e variáveis explicativas, para os dados do REVIZEE.	34
Figura 11	Diagnóstico dos resíduos do modelo GAM ajustado para os dados de CPUE da cavala e variáveis explicativas, para os dados do	36

REPENSAPESCA.

- Figura 12 Gráficos derivados dos GAM's mostrando efeitos das variáveis preditoras estados (a), distância da costa (b), meses (c) sobre as tendências médias da CPUE para os dados do REVIZEE. As áreas cinzas indicam intervalos de confiança de 95%. 38
- Figura 13 Gráficos derivados dos GAM's mostrando efeitos das variáveis preditoras tipos de fundo (a), profundidade (b), meses (c) sobre a CPUE para os dados do REPENSAPESCA. Nota: As áreas cinzas indicam intervalos de confiança de 95%. 39
- Figura 14 Distribuição de frequência dos comprimentos da cavala capturada durante o projeto REVIZEE. 40
- Figura 15 Distribuição de frequência das idades da cavala capturada durante o projeto REVIZEE. 41
- Figura 16 Distribuição de frequência dos comprimentos da cavala capturada durante o projeto REPENSAPESCA. 41
- Figura 17 Distribuição de frequência das idades da cavala capturada durante o projeto REPENSAPESCA. 42
- Figura 18 Boxplot dos comprimentos zoológicos apresentando a mediana e quartis em relação aos anos. 43
- Figura 19 Boxplot dos comprimentos zoológicos apresentando a mediana e quartis em relação aos anos, para os diferentes equipamentos que capturaram a cavala no período de estudo. 43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Ranking dos países ativos em publicações de literatura sobre o gênero <i>Scomberomorus</i> na borda oeste do Oceano Atlântico (1962-2021).	29
Tabela 2	Sumário dos modelos GAMs estimados para a CPUE da cavala (REVIZZE), com seus respectivos modelos de distribuição de probabilidade, função de ligação, graus de liberdade (GL) e AIC.	34
Tabela 3	Sumário contendo resultados gerais do modelo gama com função logarítmica estabelecido para CPUE da cavala branca em relação as covariáveis (REVIZEE).	35
Tabela 4	Gam's referentes ao conjunto de dados do REPENSAPESCA com seus respectivos modelos de distribuição de probabilidade, função de ligação, graus de liberdade (GL) e AIC, para modelar a CPUE da cavala branca por pescaria.	36
Tabela 5	Sumário contendo resultados gerais dos modelos ajudados à CPUE da cavala-branca em relação as covariáveis para o período de 2019 a 2021 (REPENSAPESCA).	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo geral	17
2.2	Objetivos específicos	17
3	METODOLOGIA	18
3.1	Bibliometria	18
3.2	Área de estudo	18
3.3	Coleta de dados	20
3.4	Modelos para abundância	20
3.5	Estrutura populacional	22
4	RESULTADOS	24
4.1	Produção científica ao longo dos anos	24
4.2	Produtividade e cooperação entre países	27
4.3	Avaliação espaço-temporal da abundância	30
4.4	Estrutura populacional	39
5	Discussão	44
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

A bibliometria é uma técnica de pesquisa utilizada para medir, de forma quantitativa, as publicações científicas de um autor, tema ou Instituição de Ensino Superior em revistas acadêmicas (DE SOUZA; RIBEIRO, 2013). Uma análise bibliométrica filtra publicações, palavras, citações, frases e autorias. Além da contagem em si, a conexão entre os temas rastreados, entre autores ou entre instituições podem indicar as tendências da publicação. (PORTER, 2008). Estudos bibliométricos nos ajudam a compreender o estado de conhecimento de temas referente a diversas áreas. Em estudos de biologia pesqueira, por exemplo, é possível utilizar esta metodologia para atualizar informações sobre a distribuição e estado de conservação (NIKOLIC; BOURJEA, 2014) de determinados organismos, identificando grupos de maior interesse econômico (GADUT; DEOCARIS; ALINSUG, 2021).

A pesca na Região Nordeste do Brasil é uma atividade de elevada importância socioeconômica associada a geração de postos de trabalho à comunidades de baixa renda, sendo muitas vezes uma atividade não só econômica, mas de subsistência. Diversos municípios litorâneos nordestinos têm a atividade pesqueira como principal fonte de renda para sua população. (VIDAL; GONÇALVES, 2008). Segundo o último levantamento estatístico da pesca no Brasil, em 2009, a região nordeste foi responsável por 37% de toda a produção pesqueira nacional (MPA, 2010). O Ministério da Pesca relata que a pesca artesanal extrativista predomina nesta região (48% do total de pescado), seguida pela pesca extrativista continental (21%), aquicultura marinha (20%), e com menor produção a aquicultura continental (11%).

A família Scombridae é composta por peixes pelágicos de grande importância comercial, representada principalmente pelos atuns, cavalas e bonitos. Esta família inclui organismos de médio e grande porte. Os atuns são os representantes de maior porte nos oceanos (COLLETE; GRAVES, 2019) e as cavalas são caracterizadas por serem peixes neríticos de médio porte (FRÉON et al., 2005). A cavala é o nome popular das espécies do gênero *Scomberomorus* spp., organismos amplamente distribuídos em ambientes neríticos e costeiros, incluindo a costa leste da América do Sul (FROESE;

PAULY, 2019). No Brasil, são registradas 3 espécies desse gênero: *Scomberomorus regalis* (Block, 1973), *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829) e *Scomberomorus brasiliensis* (Collette, Russo & Zavala-Camin, 1978) (FIGUEIREDO; MENEZES, 2015).

A cavala-branca, *Scomberomorus cavalla* (Cuvier 1829), distribui-se na borda oeste do Oceano Atlântico, do Canadá (SCOTT, W.; SCOTT, M., 1988; COLLETTE; REEB; BLOCK, 2001) até São Paulo (Brasil), ocorrendo na costa leste dos Estados Unidos, incluindo região do Golfo do México, e em toda região Nordeste do Brasil. É uma espécie pelágica que ocorre em áreas próximas a corais, estando presente em profundidades de 5 a 140 metros (WILLOUGHBY; NEILSON; TAYLOR, 1999).

A *Scomberomorus cavalla* é uma espécie que apresenta uma grande importância econômica devido à sua ampla forma de exploração, sendo espécie alvo de pescarias recreacional e comercial. A espécie representou aproximadamente 5% da produção nacional no ano de 2009 (MPA, 2010). No nordeste do Brasil, nos estados do Ceará e Bahia ocorrem as capturas mais importantes (LESSA; NÓBREGA; BEZERRA, 2004). É capturada entre as profundidades de 20 e 200 m, principalmente com linha de mão, representando aproximadamente 10% dos desembarques registrados pela pesca artesanal para esta arte de pesca na região nordeste do Brasil (LESSA, 2006).

A partir de 1990, a comissão interministerial para Recursos do Mar (CIRM) elaborou o Programa REVIZEE (Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva do Brasil), como requisito para participação do Brasil na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM). Este programa teve por finalidade estudar as características oceanográficas físicas, químicas e biológicas ao longo da Zona Econômica Exclusiva do Brasil. Os recursos pesqueiros foram sem dúvida, o principal alvo deste levantamento. Este programa gerou dados importantes que auxiliam até os dias atuais na avaliação do estado de conservação destes recursos.

Atualmente, o Brasil apresenta um cenário de poucas perspectivas quanto a estatística pesqueira. Desde a descontinuidade do Programa Nacional de Estatística Pesqueira em 2005, o Brasil não consegue gerar políticas institucionais efetivas para o ordenamento da

pesca (RUFFINO; LIMA; SANT'ANA, 2016). Naturalmente, se torna mais complicado avaliar o grau de vulnerabilidade dos estoques pesqueiros no país. Nos últimos anos, alguns projetos vem sendo desenvolvidos com o objetivo de subsidiar o ordenamento pesqueiro no Brasil. Dentre eles, podemos destacar o **Projeto REPENSAPESCA** (Chamada n. 22/2015 - Processo: 445806/2015-0 – CNPq/SEAP /Linha 4 – Recursos Pesqueiros Demersais e Pelágicos da Costa Norte/Nordeste) que, desde 2018, desenvolve atividades de coleta de dados junto a pesca artesanal , com o objetivo principal de gerar informações que auxiliem o estabelecimento de diagnósticos sobre o status de exploração dos recursos pesqueiros, assim como sugerir medidas de ordenamento e manejo para exploração sustentável nos estados da região nordeste e norte do país.

2 OBJETIVOS

2.1

2.2 Objetivo geral

Realizar um levantamento bibliométrico sobre o estado de conhecimento do gênero *Scomberomorus* no Oceano Atlântico Ocidental, bem como avaliar a variação espaço-temporal da abundância e estrutura populacional da *Scomberomorus cavalla*, investigando aspectos da distribuição e exploração deste recurso na região Nordeste do Brasil.

2.3 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento bibliométrico sobre estado de conhecimento do gênero *Scomberomorus* no Oceano Atlântico Ocidental;
- Estudar a relação da abundância da *Scomberomorus cavala* em função do tempo e espaço;
- Avaliar as variações da estrutura populacional desta espécie (comprimentos e idades) em relação ao tempo

3 METODOLOGIA

Nesta seção serão tratadas as metodologias utilizadas no trabalho e, portanto, se dividirá em duas partes. A primeira se encarrega de descrever como foram realizados os levantamentos bibliométricos, enquanto a segunda engloba todos os métodos e análises realizados para se obter resultados sobre a abundância e estrutura populacional da cavala branca.

3.1 Bibliometria

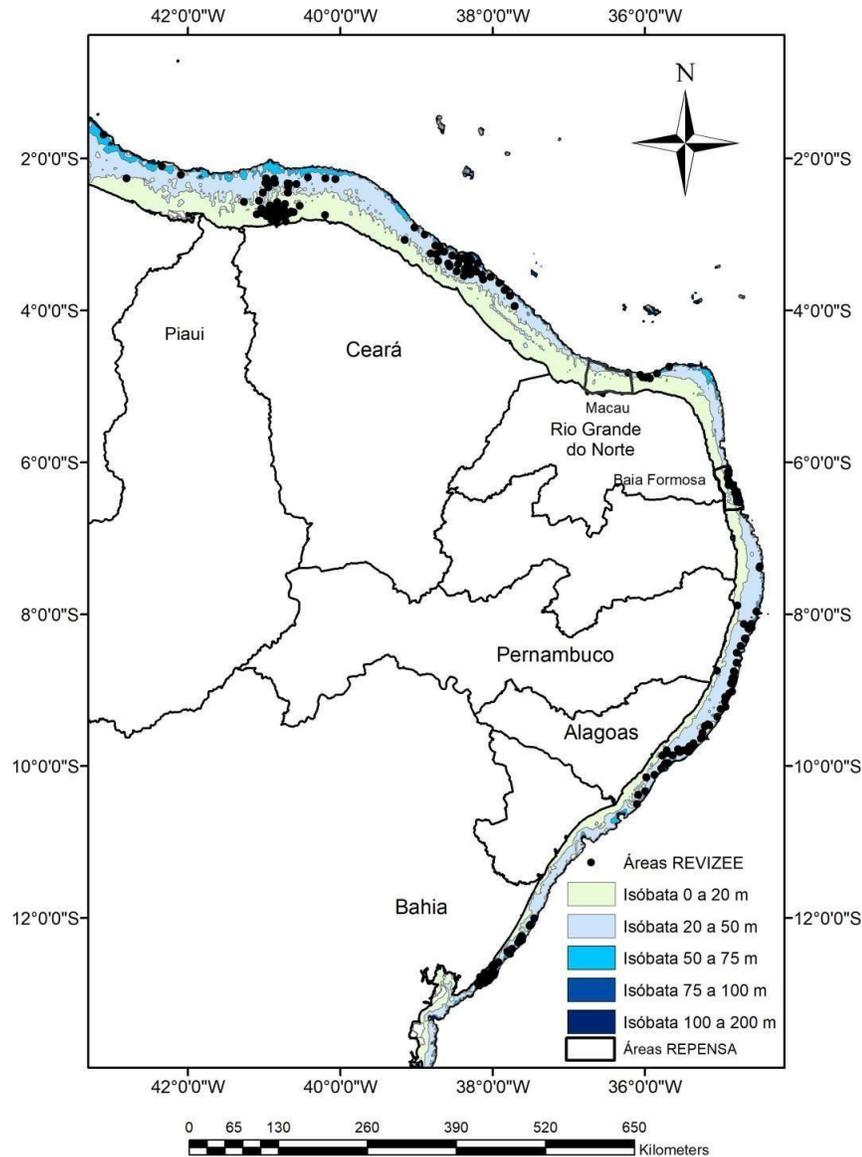
O levantamento bibliométrico foi realizado através de uma ferramenta de código aberto chamada “Bibliometrix” (ARIA; CUCCURULLO, 2017), operacionalizada no software R. O objetivo da ferramenta neste trabalho é realizar análises abrangentes de mapeamento científico acerca do gênero *Scomberomorus* na região do Oceano Atlântico Ocidental. A base de dados para realizar o levantamento foi a “Scopus”, disponível no portal de periódicos da CAPES. Na plataforma da Scopus, dentro da seção de “busca avançada”, foram utilizados como filtros na função “TITLE”, os nomes das três espécies do gênero *Scomberomorus* presentes no Oceano Atlântico Ocidental (*S. cavalla*, *S. brasiliensis*, *S. regalis*). As relações analisadas foram: número de publicações ao longo dos anos; palavras-chave mais utilizadas ao longo dos anos, produtividade científica dos países e colaboração entre os mesmos.

3.2 Área de estudo

O estudo foi realizado na região nordeste do Brasil, abrangendo os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas e Bahia. Informações de desembarques da frota pesqueira artesanal foram registradas diariamente nas seguintes localidades: Camocim, Fortaleza e Cascavel no Ceará; Baía Formosa e Caiçara do Norte no Rio Grande do Norte; Ponta de Pedras, Itamaracá, Pau Amarelo, Pina, Candeias, Porto de Galinhas, Tamandaré e São José da Coroa Grande em Pernambuco; Pajuçara e Maceió em Alagoas; Arembepe, Itacimirim e Praia do Forte na Bahia. Esses dados foram coletados no âmbito do Programa REVIZEE, sendo registrados entre fevereiro de 1998 e abril de

2000. O segundo conjunto e período da coleta de dados foi realizado entre junho de 2019 e abril de 2021. Nesse período, desembarques da frota artesanal foram acompanhados diariamente, nos municípios de Macau e Baía Formosa no Rio Grande do Norte (Figura 1).

Figura 1 - Área de estudo mostrando as áreas de pesca e abrangência das áreas de captura da cavala para ambos os períodos: REVIZEE (1998-2000) e REPENSAPESCA (2019-2021).



Fonte: Marcelo Francisco de Nóbrega (2021)

3.3 Coleta de dados

Os dados coletados no momento dos desembarques da frota artesanal entre fevereiro de 1998 e abril de 2000, no âmbito do Programa REVIZEE foram os seguintes: peso total desembarcado e por espécie, data de saída e chegada, dias de pesca, profundidade da área de pesca, latitude e longitude das áreas de pesca e distância da costa. Os exemplares capturados foram identificados, medidos e pesados individualmente.

A segunda base de dados foi gerada a partir do projeto Repensa Pesca. As mesmas informações coletadas no Programa REVIZEE foram registradas entre Junho de 2019 e Abril de 2021. Esse período de amostragem abrangeu apenas as localidades de Baía Formosa e Macau no Rio Grande do Norte. As latitudes e longitudes das áreas de pesca e a distância da costa não foram registradas. Em contrapartida, a geomorfologia do relevo e substratos do fundo oceânico (lama, cascalho, pedra e talude) foram registradas, segundo as informações do mestre da embarcação. Os exemplares capturados também foram identificados, medidos e pesados individualmente. Apenas os lances positivos foram contabilizados para este estudo.

Uma CPUE (captura por unidade de esforço) foi utilizada como índice para estimar a abundância relativa da *Scomberomorus cavala* nas pescarias em que a espécie foi capturada. A unidade de esforço utilizada foi dias de pesca. A CPUE foi estimada através da divisão do peso desembarcado da espécie pelos dias nos quais a embarcação operou.

3.4 Modelos para abundância

O Modelo Aditivo Generalizado é um método estatístico análogo à regressão, mas sem o pressuposto de normalidade ou linearidade, que relata uma variável resposta (Y). No caso de abundâncias de peixes, principalmente para variáveis explanatórias espaciais e também variáveis ambientais esse modelo tem fornecido razoáveis ajustes e possuem maior flexibilidade que os GLMs, permitindo introduzir maior número de variáveis explicativas. Apesar de serem menos utilizados que os GLMs, na última década muitos estudos com recursos pesqueiros foram realizados, como na padronização de dados de

abundância (LI et al., 2015), em estimativas de abundância

combinando dados da pesca comercial e de cruzeiros em relação a variáveis geográficas e ambientais (HASHIMOTO et al., 2019; LA MESA et al., 2015; WANG et al., 2021; ZHAO et al., 2021) , na determinação da estrutura do estoque (BROSSET et al., 2019) ou distribuição (HU et al., 2018; PUNT et al., 2013).

Para modelar os índices de abundância (CPUE) foram utilizados o Modelo Aditivo Generalizado (HASTIE; TIBSHIRANI, 1986), onde a variável resposta (Y) foi a CPUE (kg/dia), em relação as variáveis explanatórias. Os modelos foram estabelecidos para o período compreendido nas coletas de dados do Programa REVIZEE (1998 a 2000) e para o Projeto REPENSA (2019 a 2021).

Os modelos GAM foram ajustados exclusivamente aos dados em que houve captura do recurso da *Scomberomorus cavalla* e considera como variável resposta (Y) a CPUE logaritimizada somada a um em cada pescaria. Neste caso, foram utilizados os modelos de probabilidades normal e gama, e como função de ligação às funções identidade, logarítmica e inversa. Os modelos apresentaram as seguintes estruturas:

REVIZEE

$$\text{Ln}(\text{CPUE}+1) \sim s(\text{Estados}) + s(\text{Distância da costa}) + s(\text{Meses})$$

REPENSAPESCA

$$\text{Ln}(\text{CPUE}+1) \sim s(\text{Tipos de fundo}) + s(\text{Meses}) + s(\text{Profundidade})$$

As escolhas do modelo de probabilidade, da função de ligação e das covariáveis explicativas importantes foi realizada pelo critério de informação de Akaike (AIC) (AKAIKE, 1974) (1). A escolha do melhor modelo entre um conjunto de possíveis modelos se dá em função do menor valor de AIC (BURNHAM; ANDERSON, 2007)

$$AIC = 2k - 2 \ln(L) \quad (1)$$

Onde: k é o número de parâmetros do modelo; L é o valor maximizado da função de verossimilhança do modelo estabelecido.

Após a seleção do melhor modelo GAM (combinação mais adequada entre distribuição de probabilidade para a variável resposta, função de ligação e conjunto de covariáveis), foram verificados quais os níveis dos fatores, coeficientes e interações foram estatisticamente significativos para explicar a variabilidade das variáveis respostas (CPUE). O nível de significância de 0,05 (valores de P) foi utilizado na análise dos coeficientes estimados nos GAMs. Foram incluídos nos modelos somente as variáveis estatisticamente significativas

3.5 Estrutura de tamanhos e idades

Nas atividades de amostragem das pescarias uma subamostra dos exemplares capturados da cavala foi medidos (cm) e pesados (g) individualmente. As medidas tomadas foram os comprimentos zoológico (CZ) e total (CT). Distribuições de frequência de comprimentos para os dois períodos estudados foram estabelecidas. O comprimento médio de captura dos espécimes capturados por linha de mão foi relacionado aos anos e um teste de Kruskal Wallis ($\alpha=0,05$) foi utilizado a fim de identificar variações da estrutura de tamanho em relação ao tempo.

Informações da literatura foram compiladas para obtenção de parâmetros de crescimento para a *Scomberomorus cavalla* (NÓBREGA; LESSA, 2009). O comprimento de primeira reprodução foi considerado 70 cm (NÓBREGA; LESSA, 2009). Os parâmetros de crescimento obtidos da literatura foram utilizados para converter comprimentos zoológicos (CZ) de captura em idades, através da seguinte equação de von Bertalanffy invertida (SPARRE; VENEMA, 1997) :

$$Idade = 0,270 - \frac{1}{0,165} \ln \left(1 - \frac{CZ}{124,9} \right)$$

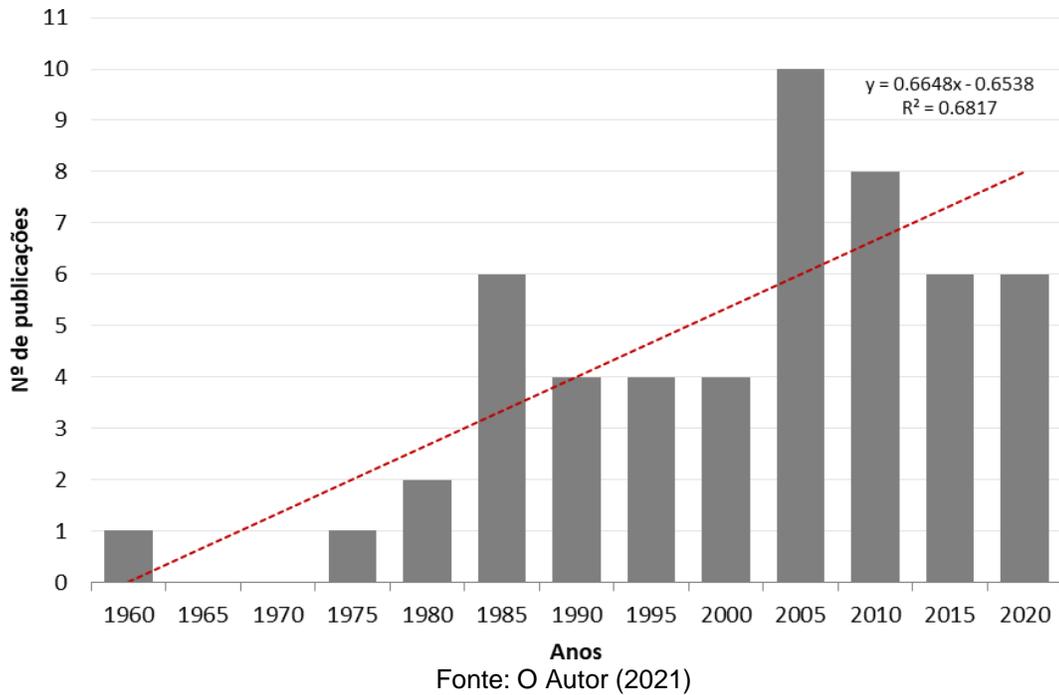
4 RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos durante a realização dos levantamentos bibliométricos e modelagem dos dados, a começar com a produção acadêmica sobre o assunto estudado ao longo anos. Também serão apresentados os resultados da modelagem estatística da abundância realizada com os dois bancos de dados, e a análise explanatória da estrutura etária.

4.1 Produção científica ao longo dos anos

A pesquisa bibliométrica realizada na base de dados da Scopus resultou em 52 artigos científicos publicados entre os anos de 1962 e 2021. A Figura 2 apresenta os estudos do gênero *Scomberomorus* no Atlântico Ocidental, indicando um crescimento a partir do início dos anos 90. Entre 1962 e 1989 foram publicados nove artigos científicos. A maior concentração de publicações está entre os anos de 1990 e 2020, onde foram publicados 28 artigos científicos, cerca de três vezes mais publicações que os 30 anos anteriores.

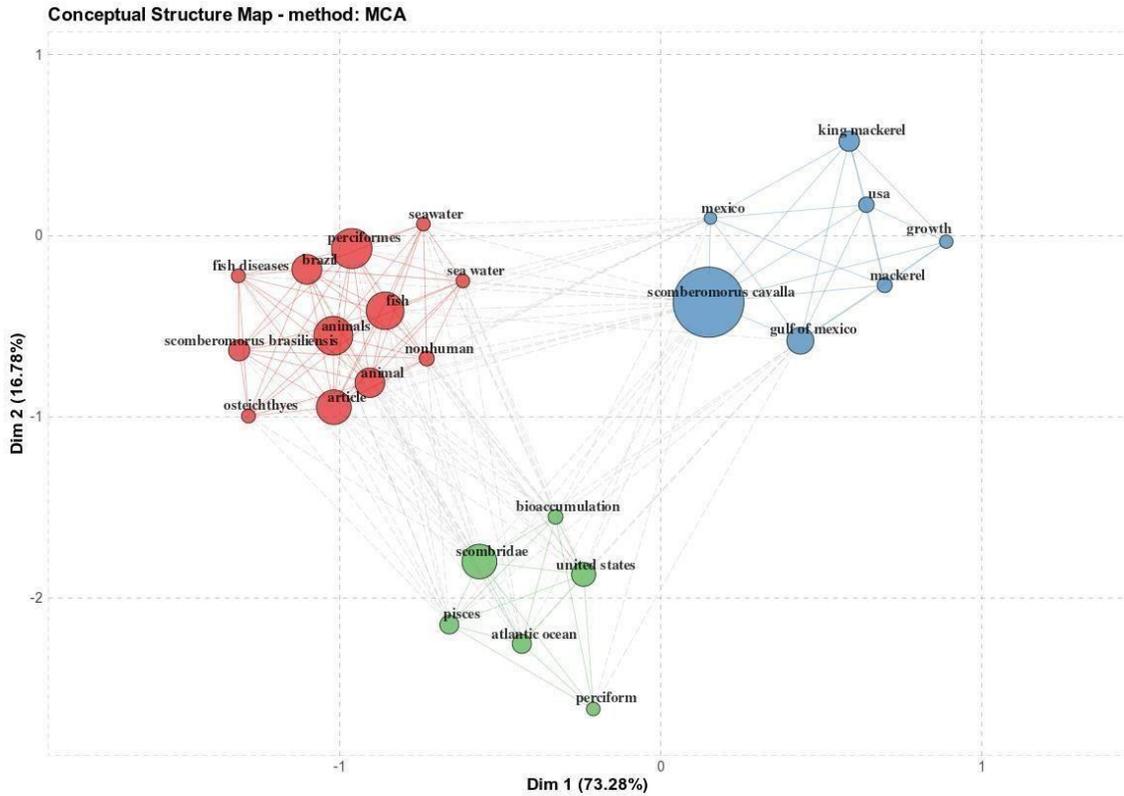
Figura 2 - Publicações científicas sobre o gênero *Scomberomorus* na região do Oceano Atlântico Ocidental ao longo dos anos.



Os principais termos encontrados em palavras-chave das publicações científicas para o período estudado, assim como as relações entre eles, estão descritos na Figura 3. O termo *Scomberomorus cavallaé* o mais citado dentre todos os outros, sendo identificado como palavra-chave cerca de 30 vezes entre os anos de 1995 e 1997 (Figura 4). Os termos mackerel, King mackerel, USA e growth foram os mais utilizados nos primeiros estudos realizados sobre o gênero *Scomberomorus* no Oceano Atlântico Ocidental (Figura 4), sendo eles os termos mais relacionados a espécie *Scomberomorus cavalla*. No início dos anos 2000, novos termos foram introduzidos dentro do meio científico, como Atlantic Ocean, fish, United States, Scombridae. Concomitantemente, o termo Brazil começou a ser amplamente utilizado, alcançando cerca de 20 citações no ano de 2009 (Figura 4). Os termos perciforme e Scombridae acompanharam esta tendência, sendo citados cerca de 25 e 10 vezes, respectivamente, para o mesmo período. O termo *Scomberomorus*

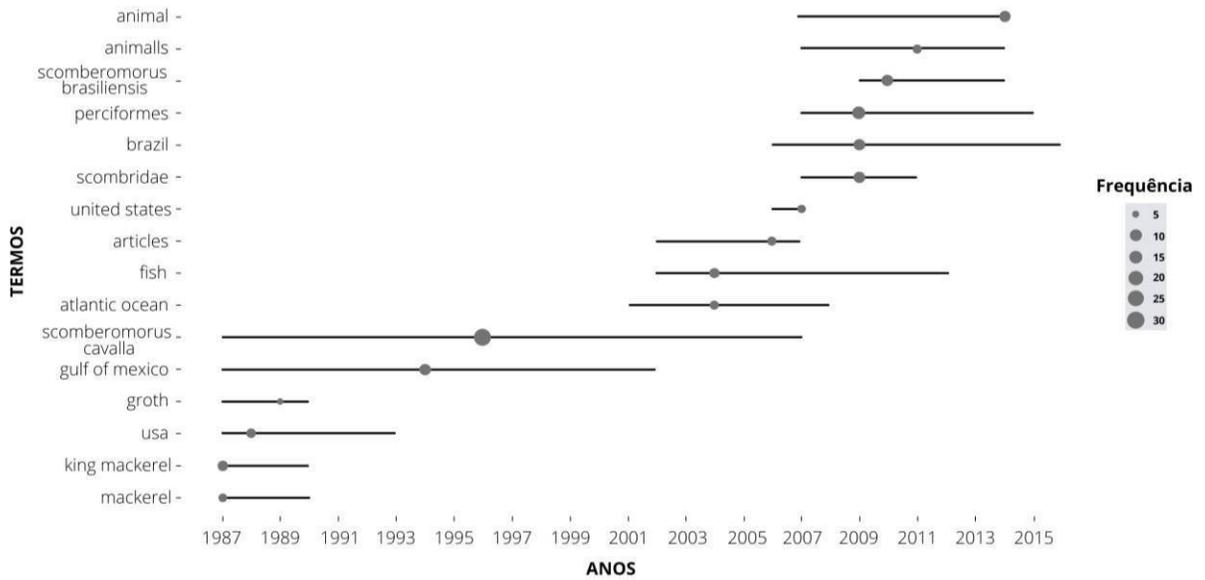
brasiliensis tornou-se popular como palavra-chave a partir de 2009, sendo utilizado cerca de 10 vezes. entre os anos de 2009 e 2011.

Figura 3 - Agrupamento das principais palavras-chave sobre o tema. Nota: a proximidade entra as palavras indica o grau de relação e o tamanho dos círculos indica o número de citações.



Fonte: O Autor (2021)

Figura 4 - Frequência dos principais termos utilizados nas publicações ao longo dos anos

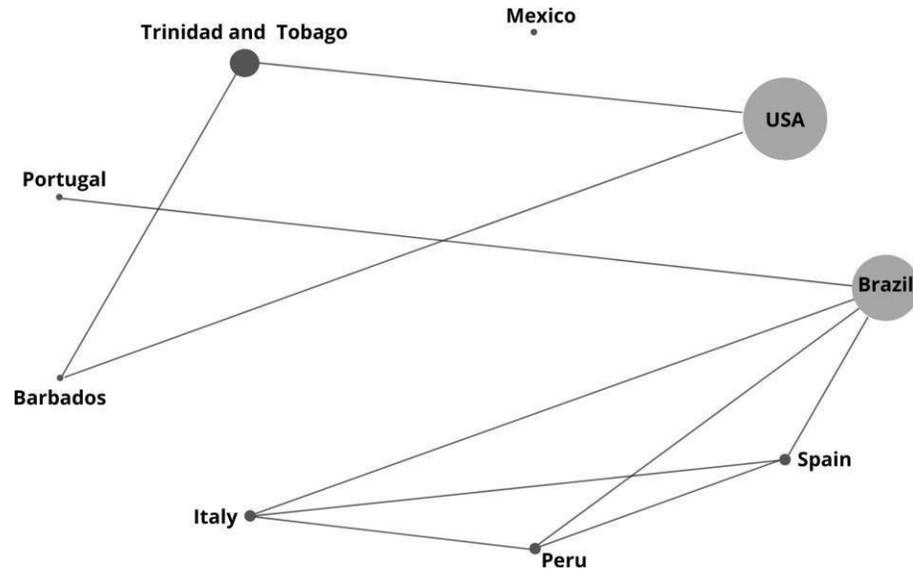


Fonte: O Autor (2021)

4.2 Produtividade e cooperação entre países

A cooperação entre os países é demonstrada na figura 5, que tem como objetivo descrever o status de conhecimento sobre o gênero *Scomberomorus* no Atlântico Ocidental nos diferentes países onde se publicou e o grau de cooperatividade entre eles. O tamanho de cada círculo indica o número de publicações em cada país, e as linhas que ligam os países indicam a relação de cooperatividade entre eles. Observa-se que a distribuição geográfica das publicações científicas está concentrada entre os Estados Unidos e o Brasil.

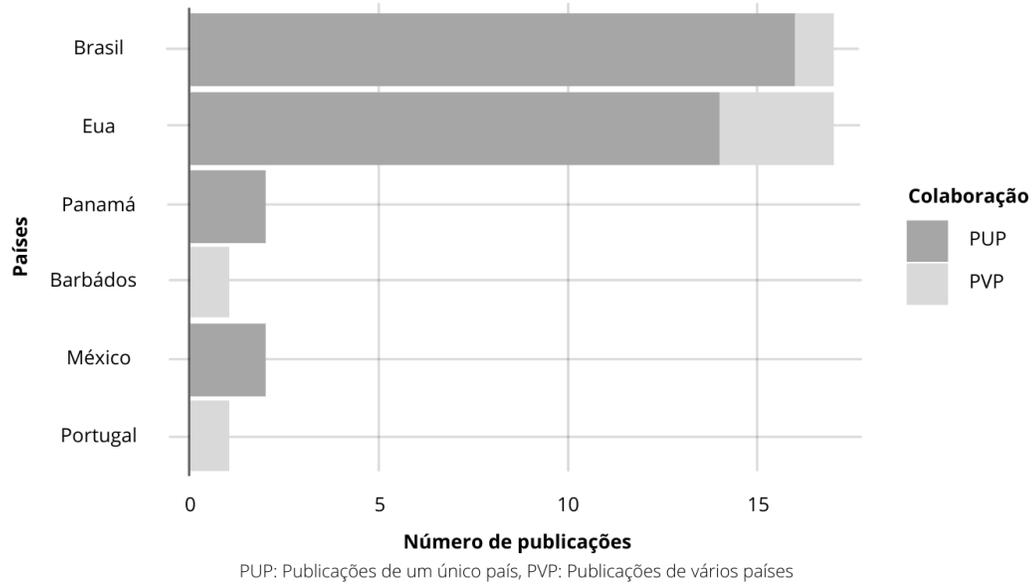
Figura 5 - Mapa representando a rede de cooperação entre países.



Fonte: O Autor (2021)

Ambos possuem a maioria dos trabalhos exclusivamente publicados por autores nacionais, havendo poucas publicações com contribuições internacionais (Figura 6). O Brasil apresenta apenas 6% das publicações com contribuições internacionais (Tabela 1), participando de duas redes de colaboração, uma entre Itália, Espanha e Peru e outra entre Portugal. Enquanto os Estados Unidos apresentam 18% das publicações com contribuições internacionais, formando apenas uma rede entre Trinidad e Tobago e Barbados. O México não possui colaboração com nenhum país (Tabela 1).

Figura 6 - Gráfico representando número de publicações de autoria própria e colaboração entre países.



Fonte: O Autor (2021)

Tabela 1 - Ranking dos países ativos em publicações de literatura sobre o gênero *Scomberomorus* na borda oeste do Oceano Atlântico (1962-2021).

Ranque	País	Artigos	Frequência(%)	Taxa PVP
1º	Brasil	17	44	0.06
2º	EUA	17	44	0.18
3º	Panamá	2	5	0
4º	México	1	3	0
5º	Barbados	1	3	1
6º	Portugal	1	3	1

Fonte: O Autor (2021)

4.3 Avaliação espaço-temporal da abundância

Figura 7 - Exemplar da *Scomberomorus cavalla* capturada no Nordeste do Brasil.



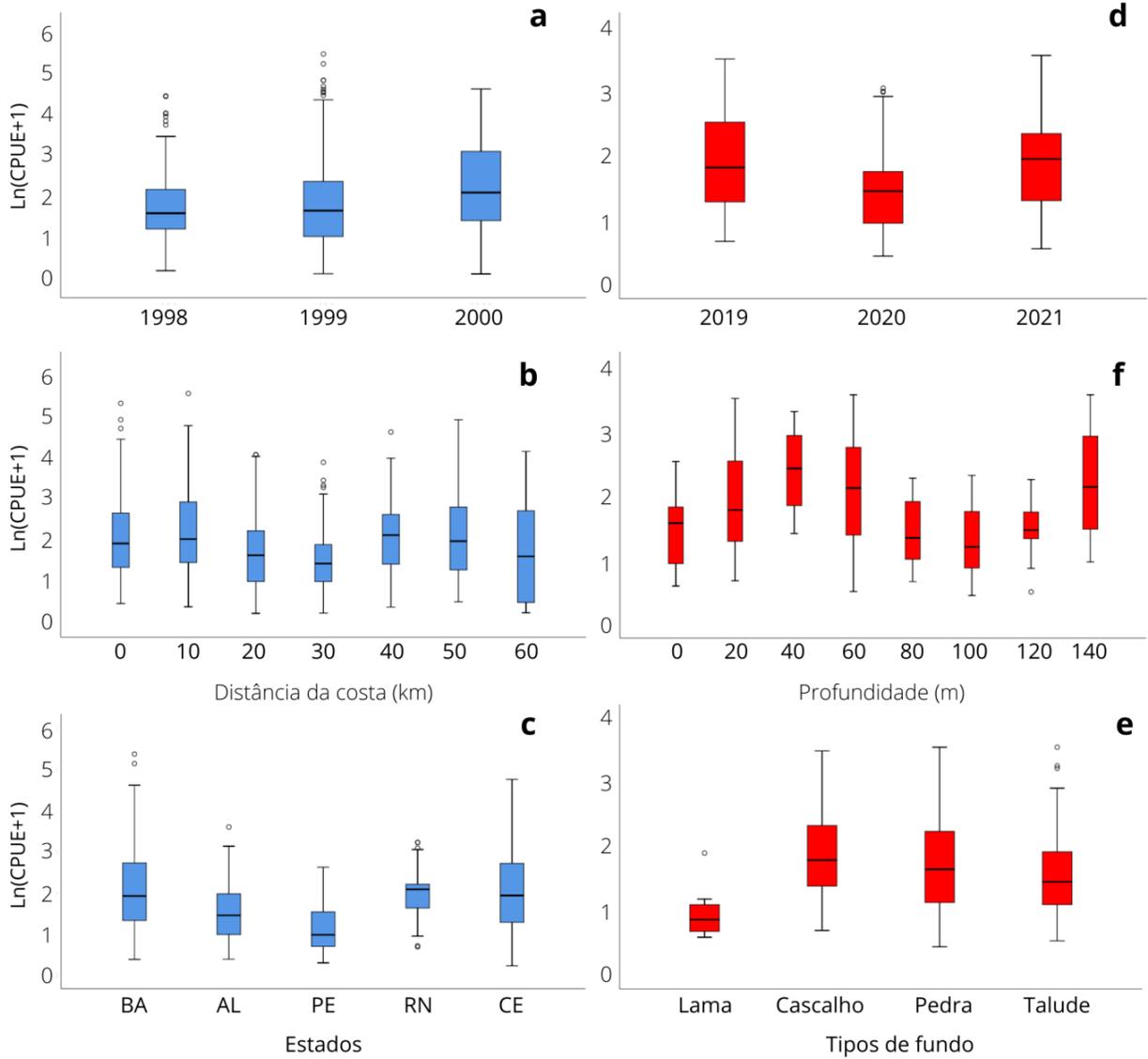
Fonte: Marcelo Francisco de Nóbrega

Um total de 775 desembarques da cavala foram acompanhados na região nordeste do Brasil (Figura 7), 550 correspondentes ao REVIZEE (1998-2000) e 225 realizados no âmbito do projeto REPENSAPESCA (2019-2021). Do total dos dados coletados, 94,4% resultam de capturas da frota de linha de mão e apenas 5,6% da frota de rede de emalhar. A CPUE para as capturas de linha para o primeiro período variou de 0,3 a 212 kg/dia (média=11,6; DP=19,9). Já para o segundo período, a CPUE variou de 0,6 a 57 kg/dia (média=7,1; DP=7,7). A CPUE para a linha foi semelhante entre os anos para os dois períodos estudados (Figura 8a e d). Para o período do REVIZEE, as pescarias realizadas até 10 km da costa e entre 40 e 50 km da costa apresentaram as maiores CPUE (Figura 8b). Em relação aos estados, a Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará apresentaram os maiores valores de CPUE, para o período de 1998 a 2000; em Alagoas e Pernambuco foram estimadas as menores abundâncias (Figura 8c). Nos desembarques realizados no período do REPENSAPESCA, a CPUE apresentou os maiores valores entre 20 e 40 metros de profundidade, declinando em direção a maiores profundidades e voltando a crescer próximo dos 140 metros de profundidade (Figura 8e). Em relação ao tipo de substrato para este período, os valores de CPUE são semelhantes entre Cascalho, Pedra e Talude, sendo a Lama o tipo de fundo onde foram encontrados

os menores valores de CPUE (Figura 8f).

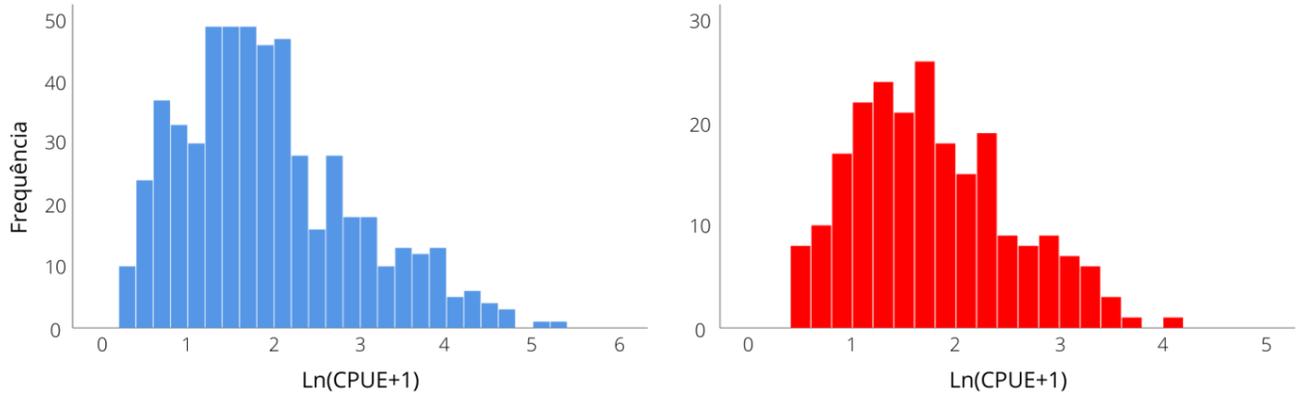
A Figura 9 mostra a distribuição de frequência da variável resposta CPUE para os dois períodos estudados. A função logarítmica aplicada aos dados da CPUE melhorou a simetria da distribuição das abundâncias da cavala. As distribuições de frequência da CPUE são semelhantes para o período do REVIZEE e REPENSA, com as maiores frequências variando entre 1 e 3 kg/dia de cavala capturada.

estudados; em relação aos anos (a), distância da costa (b), Estados (c) (REVIZEE) e em relação aos anos (d), profundidade (e) e tipos de fundo (f) (REPENSAPESCA).



Fonte: O Autor (2021)

Figura 9 - Distribuição de frequência da CPUE para os períodos estudados: 1998-2000 (azul) e 2019-2021 (vermelho).



Fonte: O Autor (2021)

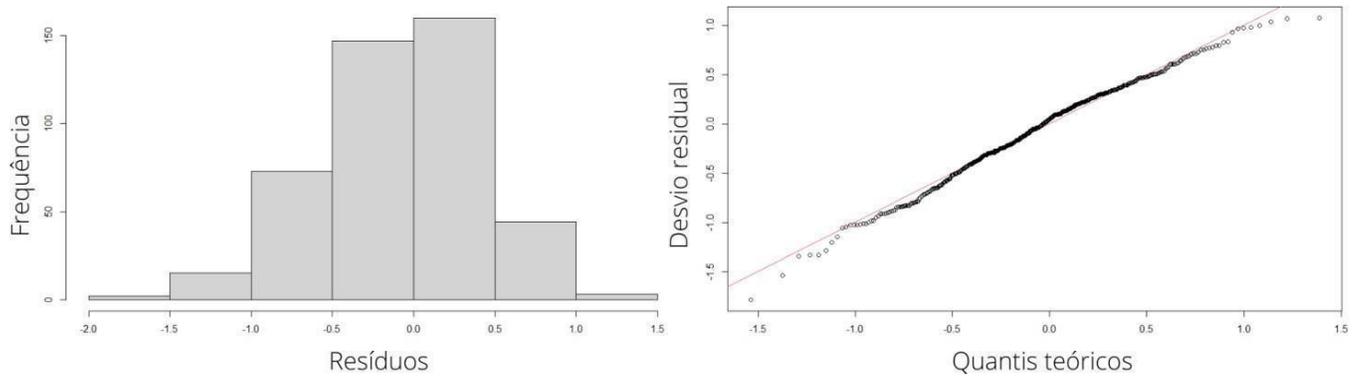
Dentre os modelos aditivos generalizados testados para modelar a CPUE por pescaria no período do REVIZEE, o modelo gama com função logarítmica apresentou o melhor ajuste de acordo com o menor valor de AIC obtido (Tabela 2). Os resíduos do modelo mostraram uma distribuição aproximadamente normal (Figura 10), evidenciando o bom ajuste do modelo aos dados. Além disto, o modelo selecionado explica 18,6% da deviança (Tabela 3). Segundo o modelo, as covariáveis estados, distância da costa e meses são estatisticamente significativas e estão relacionadas a variação da CPUE para este período (Tabela 3).

Tabela 2 - Sumário dos modelos GAMs estimados para a CPUE da cavala (REVIZZE), com seus respectivos modelos de distribuição de probabilidade, função de ligação, graus de liberdade (GL) e AIC.

Modelo	Transformação	N	Distribuição	Função de ligação	GL	AIC
1	Ln(CPUE +1)	550	Normal	Identidade	15.83	1229.284
2	Ln(CPUE +1)	550	Normal	Log	16.79	1227.854
3	Ln(CPUE +1)	550	Normal	Inversa	17.22	1227.189
4	Ln(CPUE +1)	550	Gamma	Indetidade	15.98	1164.047
5	Ln(CPUE +1)	550	Gamma	Inversa	17.04	1161.986
6	Ln(CPUE +1)	550	Gamma	Log	16.74	1161.691

Fonte: O Autor (2021)

Figura 10 - Diagnóstico dos resíduos do modelo melhor ajustado para os dados doREVIZZE.



Fonte: O Autor (2021)

Tabela 3 - Sumário dos resultados gerais do modelo gama com função logarítmica estabelecido para CPUE da cavala branca em relação as covariáveis (REVIZEE).

Covariáveis	Gle	F	valor-p
Estados	3.578	16.023	< 2E-16
Distância da costa	2.641	4.161	0.017707
Meses	8.524	3.837	0.000146
R ² ajustado		0.147	
Deviância explicada(%)		18.6	
GCV score		0.2708	

Fonte: O Autor (2021)

Dos modelos testados para explicar as variações da CPUE por pescaria no período do REPENSAPESCA, o modelo gama, com função de ligação identidade apresentou melhor ajuste, podendo ser observado através do menor valor obtido do AIC (Tabela 4). A distribuição dos resíduos deste modelo é próxima à distribuição normal (Figura 11). Além disto, o modelo selecionado explica 28,1% da devião(Tabela 5). Para este modelo, as variáveis tipos de fundo, meses e profundidade foram estatisticamente significativos (Tabela 5), influenciando na variabilidade da CPUE para este período.

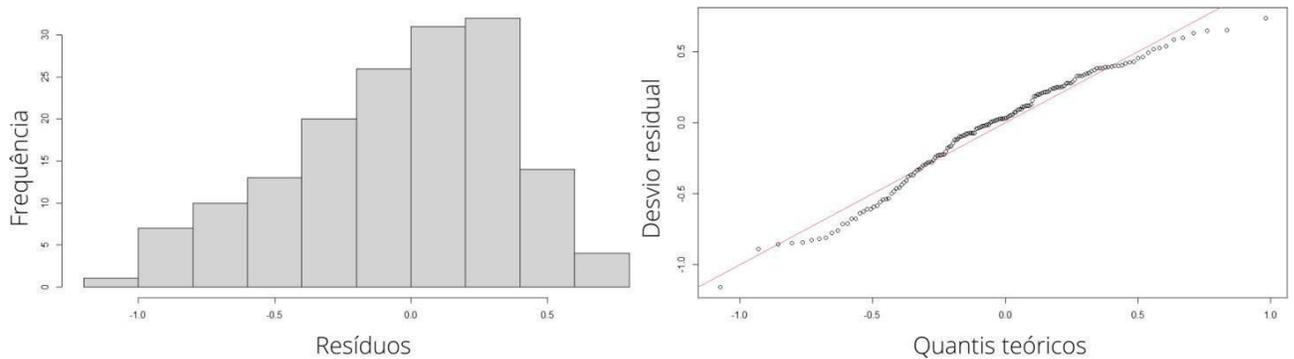
Tabela 4 - Gam's referentes ao conjunto de dados do REPENSAPESCA com seus respectivos modelos de distribuição de probabilidade, função de ligação, graus de liberdade (GL) e AIC, para modelar a CPUE da

cavala branca por pescaria.

Modelo	Transformação	N	Distribuição	Função de ligação	GL	AIC
1	Ln(CPUE +1)	225	Normal	Identidade	10.99	330.864
2	Ln(CPUE +1)	225	Normal	Log	11.19	329.046
3	Ln(CPUE +1)	225	Normal	Inversa	11.97	327.349
4	Ln(CPUE +1)	225	Gamma	Inversa	11.18	315.707
5	Ln(CPUE +1)	225	Gamma	Log	10.56	315.258
6	Ln(CPUE +1)	225	Gamma	Identidade	10.06	314.999

Fonte: O Autor (2021)

Figura 11 - Diagnóstico dos resíduos do modelo melhor ajustado para os dados do REPENSAPESCA.



Fonte: O Autor (2021)

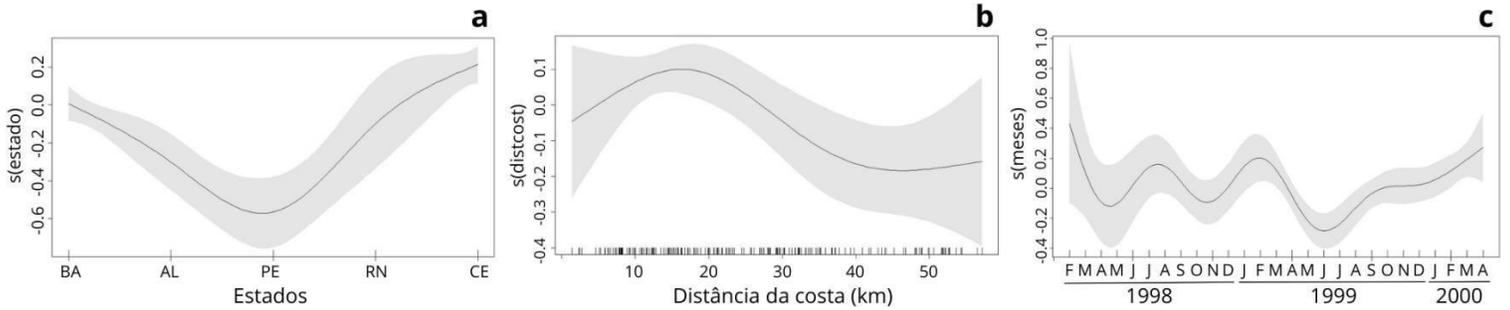
Tabela 5 - Sumário contendo resultados gerais dos modelos ajustados à CPUE da cavalabranca em relação as covariáveis para o período de 2019 a 2021 (REPENSAPESCA).

Covariáveis	Gle	F	valor-p
Tipos de fundo	2.029	5.269	0.00878
Meses	2.01	3.562	0.02083
Profundidade	4.022	6.175	< 4.17E-16
<hr/>			
R ² ajustado	0.242		
Deviância explicada(%)	28.1		
GCV score	0.1742		

Fonte: O Autor (2021)

A CPUE estimada pelo modelo GAM apresenta um padrão latitudinal, onde nele é possível observar os maiores valores no Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia, com menores valores em Alagoas e Pernambuco (Figura 12a). A espécie apresentou as maiores abundâncias relativas em áreas que distam entre 10 e 30 km da costa (Figura 12b). A CPUE entre 1998 e 2000 apresentou os maiores valores entre fevereiro e março e de junho a agosto de 1998; entre janeiro e março de 1999 (Figura 12c). Já para o período de 2000, os maiores valores foram estimados entre fevereiro e abril (Figura 12c).

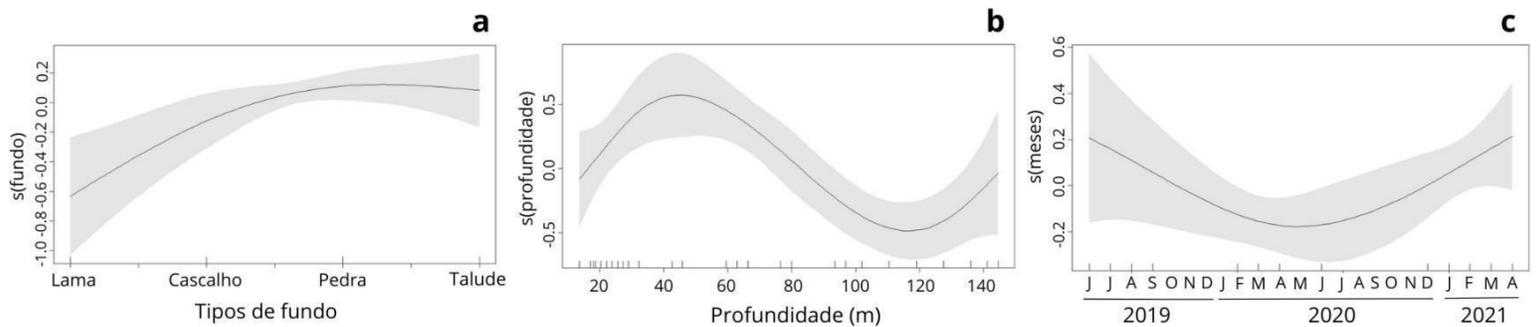
Figura 12 - Gráficos derivados dos GAM's mostrando efeitos das variáveis preditoras estados (a), distância da costa (b), meses (c) sobre as tendências médias da CPUE para os dados do REVIZEE. As áreas cinzas indicam intervalos de confiança de 95%.



Fonte: O Autor (2021)

A espécie apresentou as menores abundâncias em substratos de lama, comparado aos substratos mais consolidados, apresentando as maiores abundâncias em áreas com fundos de pedra e no talude continental (Figura 13a). A CPUE para este período apresentou os maiores valores entre 20 e 80 metros de profundidade (Figura 13b). Em relação aos meses, abundâncias mais elevadas foram estimadas entre junho e agosto de 2019 e entre janeiro e abril de 2021 (Figura 13c).

Figura 13 - Gráficos derivados dos GAM's mostrando efeitos das variáveis predictoras tipos de fundo (a), profundidade (b), meses (c) sobre a CPUE para os dados do REPENSAPESCA. Nota: As áreas cinzas indicam intervalos de confiança de 95.



Fonte: O Autor (2021)

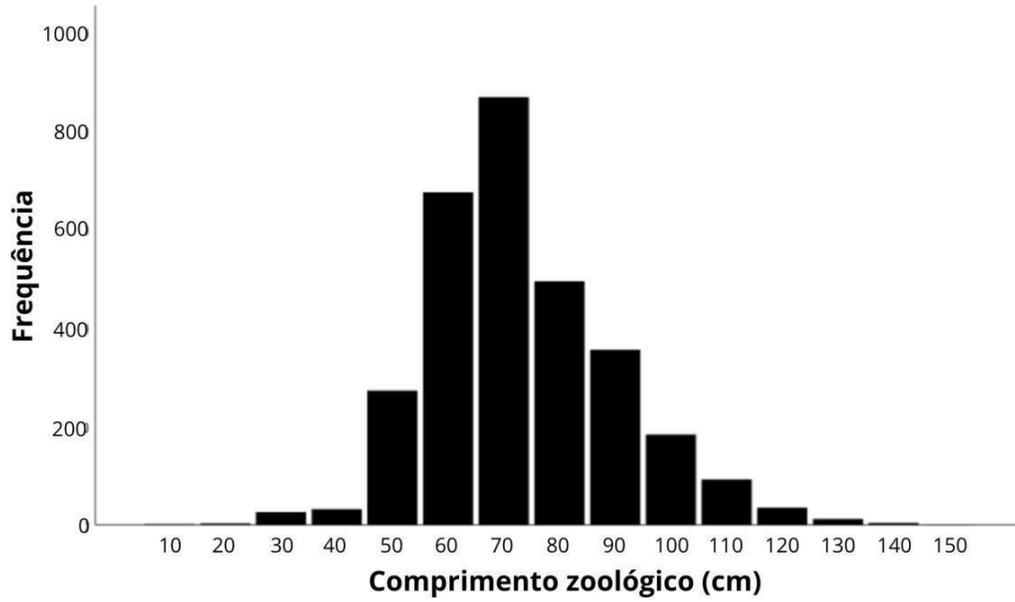
4.4 Estrutura populacional

Um total de 3564 exemplares foram capturados, sendo 3023 durante o período do REVIZEE (1998-2000) (97,3% capturados pela linha de mão e 2,7% pela rede de emalhar) e 542 obtidos no período do REPENSAPESCA (2019-2021) (78,2% capturados pela linha de mão e 21,8% pela rede de emalhar). Para o primeiro período estudado, os comprimentos zoológicos variaram de 11,5 a 150 cm (média=77,9 cm; DP=16,8 cm) (Figura 14). As idades dos exemplares capturados no primeiro período variaram de 0,85 a exemplares mais velhos que 35 anos (média=6,9 anos; DP=3,9anos) (Figura 15). De acordo com o comprimento de primeira maturação da cavala de 70 cm, 33% dos exemplares capturados são jovens, o que corresponde a parcela do estoque que ainda não atingiu sua maturidade sexual.

Os exemplares capturados no segundo período estudado apresentaram comprimentos zoológicos que variaram de 8,4 a 141,2 cm (média=76,6 cm; DP=21,03 cm) (Figura 16). A idade dos indivíduos capturados neste período variou de 0,69 a espécimes mais velhos que 35 anos (média=6,9 anos; DP=3,94 anos) (Figura 17). Considerando o comprimento de primeira maturação desta espécie, 31,1% dos

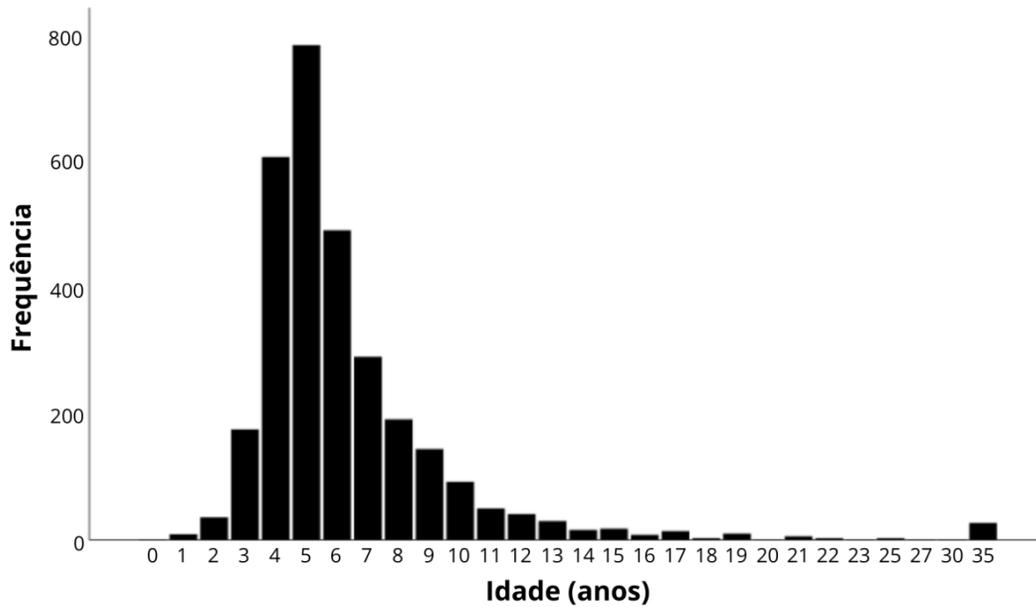
exemplares capturados eram jovens, e, portanto, não estavam aptos para reproduzir.

Figura 14 - Distribuição de frequência dos comprimentos da cavala capturada durante o projeto REVIZEE.



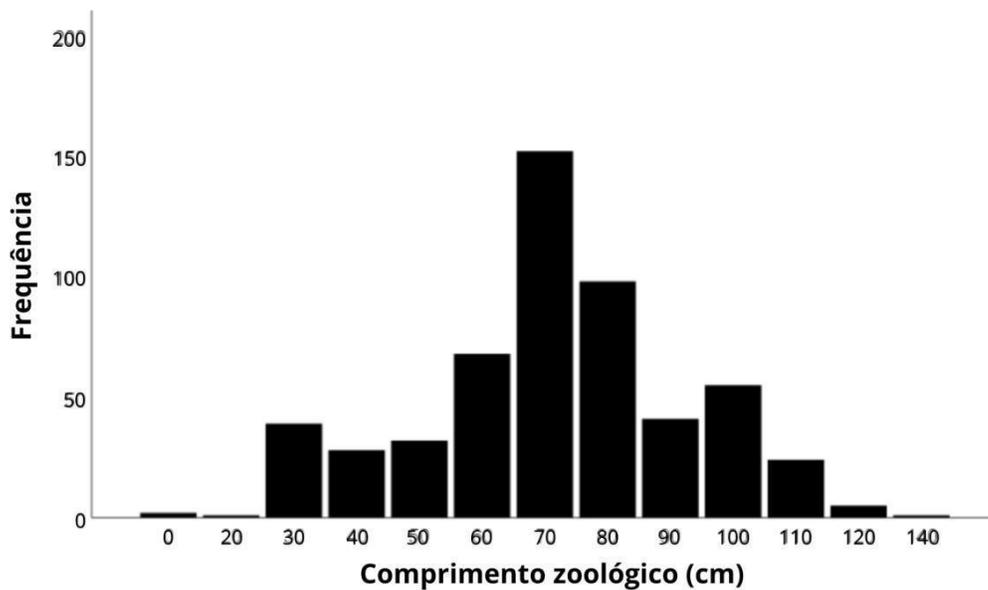
Fonte: Marcelo Francisco de Nóbrega (2021)

Figura 15 - Distribuição de frequência das idades da cavala capturada durante o projeto REVIZEE.



Fonte: Marcelo Francisco de Nóbrega (2021)

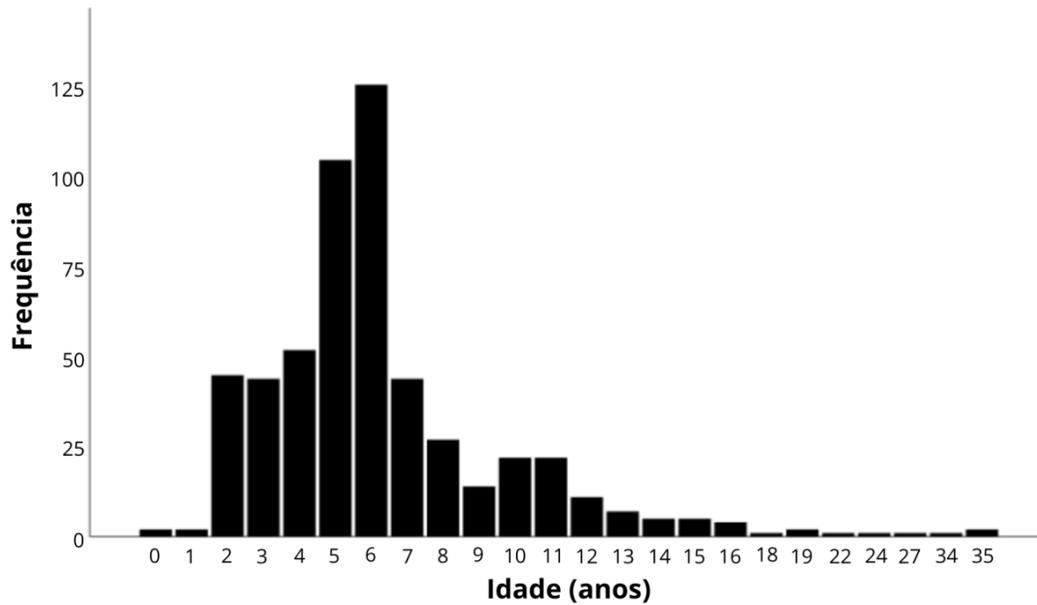
Figura 16 - Distribuição de frequência dos comprimentos da cavala capturada durante o projeto REPENSAPESCA.



Fonte: Marcelo Francisco de Nóbrega (2021)

Figura 17 - Distribuição de frequência das idades da cavala capturada durante o projeto

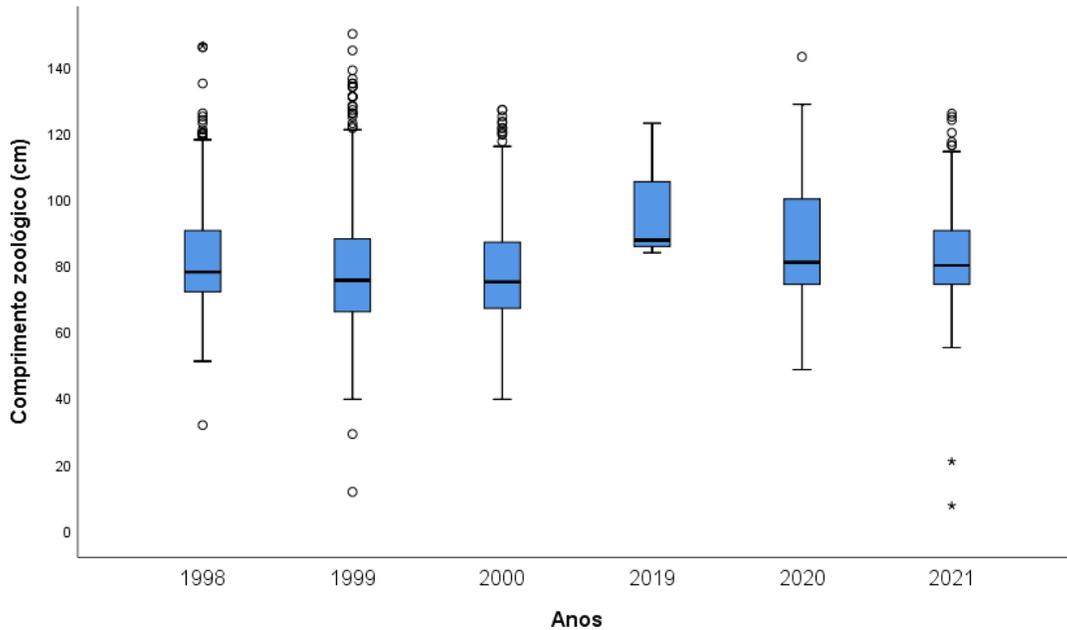
REPENSAPESCA.



Fonte: Marcelo Francisco de Nóbrega (2021)

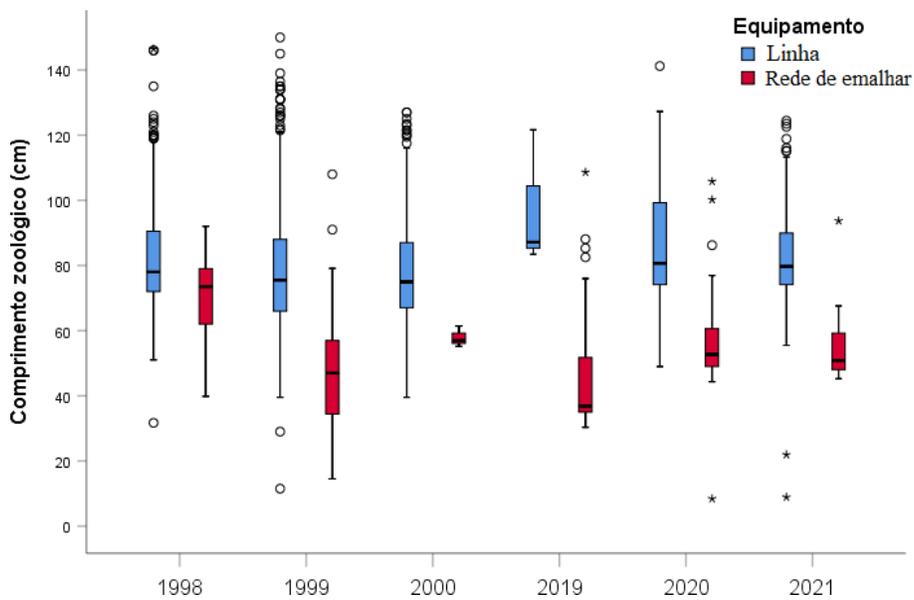
Os comprimentos zoológicos apresentaram diferença significativa entre os anos (Kruskal Wallis, $p < 0,001$). As medianas do CZ foram superiores no segundo período estudado (2019-2021) (Figura 18). Apesar das semelhanças entre os comprimentos e idades médias de captura entre os períodos de 1998 a 2000 e 2019 e 2021, os grandes exemplares capturados pela frota de linha de mão para o período do REVIZEEE, apresentaram de uma forma geral, uma sensível diminuição em relação aos exemplares registrados no REPENSAPESCA (Figura 19). Com relação as tendências medianas dos comprimentos para os exemplares capturados pela linha de mão e rede de emalhar nos períodos de 1998 a 2000 e 2019 a 2021 observou-se um pequeno aumento, mas com tendências semelhantes (Figura 19).

Figura 18 - Boxplot dos comprimentos zoológicos apresentando a mediana e quartis em relação aos anos.



Fonte: Marcelo Francisco de Nóbrega (2021)

Figura 19 - . Boxplot dos comprimentos zoológicos apresentando a mediana e quartis em relação aos anos, para os diferentes equipamentos que capturaram a cavala no período de estudo.



Fonte: Marcelo Francisco de Nóbrega (2021)

5 DISCUSSÃO

A produção científica relacionada ao gênero *Scomberomorus* no Atlântico Ocidental foi impulsionada a partir do final da década de 80. Discussões ao redor do mundo sobre o status de conservação dos recursos marinhos surgiam neste período devido ao colapso de grandes estoques pesqueiros (MYERS; HUTCHINGS; BARROWMAN, 1997; PINSKY et al., 2011). Além disto, neste período vários países promoveram esforços para aumentar o conhecimento dos recursos existentes no seu território marítimo como requisito para participação na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS, 1982).

O primeiro registro de um espécime do gênero *Scomberomorus* no Atlântico Ocidental foi feito na região da Baía de Cheasapeake (BUTZ; MANSUETI, 1962). Desde então, estudos realizados sobre este gênero estavam concentrados apenas na região do Atlântico Ocidental, especialmente nos EUA, e envolviam temas relacionados à aspectos ecológicos, como: alimentação, estrutura de tamanho, reprodução e distribuição geográfica (COLLINS et al., 1989; JR, 1978; TRENT et al., 1983, 1987)

Dentre as três espécies do gênero para a região estudada, a *Scomberomorus cavalla* (cavala branca) e a *Scomberomorus brasiliensis* (serra) apresentam maior volume de estudos, sendo a primeira com maior frequência de publicações. Isto se deve, possivelmente, a ampla distribuição geográfica e abundâncias destas espécies na borda oeste do Atlântico. Apenas um estudo foi realizado sobre a espécie *Scomberomorus regalis*, e nele foram abordados aspectos morfológicos e filogenéticos como à distribuição biogeográfica (BANFORD et al., 1999).

No início dos anos 2000, surgiram os primeiros estudos sobre gênero o *Scomberomorus* no Brasil, onde os principais temas de estudos foram distribuição geográfica e estrutura populacional (DA BATISTA; FABRÉ, 2001; DA SILVA; LEAL DE CASTRO; GUBIANI, 2005; SANTA BRÍGIDA et al., 2007). Neste mesmo período, foi criado um programa nacional com o objetivo de obter dados sobre o potencial sustentável de exploração dos recursos marinhos na região nordeste do Brasil (LESSA, 2006).

Os Estados Unidos e o Brasil são os responsáveis pelo maior número de publicações

sobre o gênero *Scomberomorus* na borda oeste do Atlântico. Apesar dos primeiros trabalhos serem publicados pelos EUA, o maior volume de publicações nos últimos 20 anos foi produzida no Brasil. A maior parte dos trabalhos produzidos por ambos os países são de autoria exclusivamente nacional. A rede colaborativa entre os EUA, Trinidad e Tobago e Barbados pode ser explicada pela proximidade geográfica entre estes países, o que permite a troca de informações sobre os recursos pesqueiros nestas áreas. Neste aspecto, o Brasil encontra-se isolado. A rede formada pelo Brasil, Espanha, Itália e Peru está relacionada a um único estudo sobre diversidade genética do gênero *Scomberomorus* (SICCHARAMIREZ et al., 2018). Além disto, o Brasil colaborou com Portugal em um estudo sobre parasitismo em uma espécie do gênero estudado.

A CPUE da cavala-branca apresentou pouca variação entre os anos dentro de cada período estudado, porém é possível observar uma diferença entre os períodos do REVIZEE (1998-2000) e REPENSAPESCA (2019-2021), onde o primeiro apresenta valores médios de CPUE maiores que o segundo. Isto deve, possivelmente, ao grau de vulnerabilidade que se encontram os estoques desta espécie para região sul do Atlântico nos últimos anos (LUCENA-FRÉDOU et al., 2017, 2021).

Através dos resultados obtidos no primeiro período de estudo, podemos observar que a espécie apresenta maiores valores de abundância à 10 km da costa e entre 40 e 50 km da costa. Altos valores de abundância da cavala-branca em diferentes distâncias da costa é efeito da diferença da extensão da plataforma continental na área de estudo. Os valores encontrados à 10 km são correspondidos pelos desembarques realizados na porção Leste da área de estudo (plataforma continental mais estreita), enquanto os altos valores de CPUE encontrado entre 40 e 50 km da costa, correspondem aos estados do Rio Grande do Norte e Ceará (plataforma continental mais larga). A presença desta espécie em regiões mais distantes da costa indica uma preferência por águas mais claras. Além disto, de acordo com o levantamento mais recente, a espécie também tem preferência por regiões associadas a substratos mais consolidados (pedra e talude), características de fundos mais distantes da costa e próximos à quebra da plataforma continental.

As maiores agregações da cavala-branca foram estimadas entre profundidades de 40

a 60 metros e em 140 metros, o que corresponde a plataforma continental externa e talude, respectivamente, para região de Baía Formosa e Macau, no Rio Grande do Norte. (REPENSAPESCA). Os estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará apresentaram maiores valores de abundância desta espécie para o período do REVIZZE. Segundo o boletim estatístico da pesca publicado em 2000, estes 3 estados são responsáveis por quase 50% da produção total de pescado da região Nordeste do Brasil.

Os modelos aditivos generalizados cada vez mais são utilizados para estudar o impacto de variáveis temporais, ambientais e espaciais sobre a distribuição dos recursos pesqueiros. (LA MESA et al., 2015; PUNT et al., 2013; WANG et al., 2021). Neste trabalho, os modelos selecionados pelo melhor AIC foram ambos da família de distribuição gama. Este fato está diretamente relacionado com a distribuição de frequência dos valores de abundância encontrados para ambos períodos, que são assimétricos a direita e acima de zero. Os resíduos também mostraram distribuição próxima à normal, o que indica um melhor ajuste dos modelos. A medida de deviência corresponde ao valor do coeficiente de determinação (r^2) para os modelos que não seguem uma distribuição normal, como o caso dos modelos selecionados neste estudo. Logo, o modelo do REPENSAPESCA (deviência: 28.1%) explica melhor as variações da CPUE quando comparado com o modelo do REVIZEE (deviência: 18.6%).

No presente estudo, as variações da abundância da cavala branca no nordeste do Brasil puderam ser explicadas por duas variáveis espaciais, duas variáveis oceanográficas e uma variável temporal. A latitude, aqui representada pelos estados, mostrou-se importante para o conhecimento da distribuição deste recurso. A CPUE da cavala decresce à medida que a latitude aumenta entre os estados a Bahia e Pernambuco. Em seguida, a abundância da espécie aumenta entre os estados de Pernambuco e Ceará. A relação da CPUE com a distância da costa e profundidade indicam a preferência desta espécie por áreas que corresponde a plataforma continental externa, próximo ao talude. Isto pode ser reforçado pela afinidade da espécie por fundos mais consolidados encontrados em regiões mais distantes da costa. A relação entre abundância e as características ambientais facilita a identificação de habitats ótimos para os recursos martinicos (ARAÚJO; GUIMARÃES; DA COSTA, 2006), auxiliando no desenvolvimento de metodologias de avaliação e manejos

dos estoques.

Períodos de agregação desta espécie são identificados durante todo ano para esta região, com preferência pelos meses do primeiro semestre (IVO, 1972), o que corresponde aos resultados de abundância encontrados para o primeiro período estudado. Os resultados obtidos para o segundo período, não trazem muito detalhe temporal devido a falta de dados mensais contínuos. Além disto, os dados para este período correspondem apenas ao estado do Rio Grande Norte. Ainda assim, foi possível observar algumas tendências nos períodos de maior abundância. No geral, os períodos de maior abundância se assemelham ao primeiro período estudado, assegurando a ideia de formação de agregações sem uma periodicidade definida, com o primeiro semestre apresentando maiores abundancias quando comparado ao segundo.

As proporções de jovens e adultos nas capturas foram semelhantes para os dois Períodos. O resultado foi semelhante ao encontrado em primeiros estudos sobre biologia reprodutiva desta espécie (FONTELES-FILHO, 1988), indicando a existência de um estoque saudável na região estudada. De uma forma geral, a estrutura de tamanhos e idades, assim como a abundância não apresentaram grandes variações, no intervalo de aproximadamente 20 anos de exploração. Entretanto, o segundo período de estudo abrangeu apenas o estado do Rio Grande do Norte. Estudos que contemplem toda a região nordeste são necessários, a fim de verificar qual a real situação da abundância e estrutura populacional da cavala-branca em todo nordeste brasileiro.

REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A New Look at the Statistical Model Identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v. 19, n. 6, p. 716–723, 1974.

ARAÚJO, F. G.; GUIMARÃES, F. J. D. C.; DA COSTA, M. R. Environmental influences on distribution of four Sciaenidae species (Actinopterygii, Perciformes) in a tropical bay at Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 2, p. 497–508, 2006.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.

BANFORD, H. M. et al. Phylogenetic systematics of the *Scomberomorus regalis* (Teleostei: Scombridae) species group: Molecules, morphology and biogeography of Spanish mackerels. **Copeia**, v. 1999, n. 3, p. 596–613, 1999.

BROSSET, P. et al. Local environment affecting northern shrimp recruitment: A comparative study of Gulf of St. Lawrence stocks. **ICES Journal of Marine Science**, v. 76, n. 4, p. 974–986, 2019.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Statistical Theory and Numerical Results**. [s.l.: s.n.].

BUTZ, G.; MANSUETI, R. J. First record of the King Mackerel, *Scomberomorus cavalla*, in Northern Chesapeake Bay, Maryland. **Chesapeake Science**, v. 3, n. 2, p. 130–135, 1962.

COLLETTE, B. B.; REEB, C.; BLOCK, B. A. Systematics of the tunas and mackerels. **Tuna: Physiology Ecology and Evolution**, v. 19, n. 1923, p. 1–33, 2001.

COLLINS, M. R. et al. Age and growth of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, from the Atlantic coast of the United States. **Fishery Bulletin**, v. 87, n. 1, p. 49–61, 1989.

DA BATISTA, V. S.; FABRÉ, N. N. Temporal and spatial patterns on serra, *scomberomorus brasiliensis* (teleostei, scombridae), catches from the fisheries on the maranhão coast, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 61, n. 4, p. 541–546, 2001.

DA SILVA, G. C.; LEAL DE CASTRO, A. C.; GUBIANI, É. A. Population structure and reproductive index of *Scomberomorus brasiliensis* Collette, Russo & Zavala-Camin, 1978 (Perciformes: Scombridae) in western coast of Maranhão. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 27, n. 4, p. 383–389, 2005.

DE SOUZA, M. T. S.; RIBEIRO, H. C. M. Sustentabilidade Ambiental: uma Meta-análise da Produção Brasileira em Periódicos de Administração Environmental Sustainability: a Meta-Analysis of Production in Brazilian Management. **RAC - Revista de Administração Contemporânea**, v. 17, n. 3, p. 368–396, 2013.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil**, n. November, p. 2–4, 2015.

FONTELES-FILHO, Sinópsese de informações sobre a cavala, *Scomberomorus cavala*(CUVIER) e serra, *Scomberomorus brasiliensis* (COLETTE, RUSSO & ZAVALA-CAMIN) no estado do Ceará, Brasil. *Arq. Ciên. Mar*, 27 : 21 – 48, 1988.

FRÉON, P. et al. Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: A review. **Bulletin of Marine Science**, v. 76, n.2, p. 385–462, 2005.

GADUT, J.-A. L.; DEOCARIS, C. C.; ALINSUG, M. V. Trends and Gaps on Philippine Scombrid Research: A bibliometric analysis. **bioRxiv**, p. 2021.06.30.450467, 2021.

HASHIMOTO, M. et al. Spatiotemporal dynamics of the Pacific chub mackerel revealed by standardized abundance indices. **Fisheries Research**, v. 219, n. June, p. 105315, 2019.

HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. Generalized Addictive Models. **Statistical Science**, v. 10, n. 4, p. 354–363, 1986.

HU, C. et al. Habitat analysis of the commercial tuna of the Eastern Tropical Pacific Ocean. **Fisheries Oceanography**, v. 27, n. 5, p. 417–434, 2018.

IVO, C. T. . **Época de desova e idade na primeira maturação da cavala, *Scomberomorus cavalla* (CUVIER), no estado do Ceará**, 1972.

JR, J. C. D. Food of King Mackerel, *Scomberomorus cavalla*, in Onslow Bay, North Carolina. 1978.

LA MESA, G. et al. Modeling environmental, temporal and spatial effects on twaite shad (*Alosa fallax*) by-catches in the central Mediterranean Sea. **Fisheries Oceanography**, v. 24, n. 2, p. 107–117, 2015.

LESSA, R. P. Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva. **Programa REVIZEE (ed.), Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na zona econômica exclusiva**, n. Relatório Executivo, p. 304, 2006.

LI, Z. et al. Model selection between traditional and popular methods for standardizing catch rates of target species: A case study of Japanese Spanish mackerel in the gillnet fishery. **Fisheries Research**, v. 161, p. 312–319, 2015.

LUCENA-FRÉDOU, F. et al. Vulnerability of teleosts caught by the pelagic tuna longline fleets in South Atlantic and Western Indian Oceans. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 140, p. 230–241, 2017.

LUCENA-FRÉDOU, F. et al. Review of the life history, fisheries, and stock assessment for small tunas in the Atlantic Ocean. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 31, n. 3, p. 709–736, 2021.

MPA. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura. Brasil 2008 - 2009. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura**, p. 129, 2010.

MYERS, R. A; HUTCHINGS, J. A; BARROWMAN, N. J. “Why do fish stocks collapse? The example of cod in Atlantic Canada” **Ecological Applications**, 1997.

NIKOLIC, N.; BOURJEA, J. Differentiation of albacore stock: Review by oceanic regions. **Collective Volume of Scientific Papers**, v. 70, n. 3, p. 1340–1354, 2014.

NÓBREGA, M. F.; LESSA, R. P. Age and growth of the king Mackerel (*Scomberomorus Cavalla*) off the northeastern coast of Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, n. 4, p. 273–285, 2009.

PINSKY, M. L. et al. Unexpected patterns of fisheries collapse in the world’s oceans. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, n. 20, p. 8317–8322, 2011.

PORTER, A. L. How tech mining can enhance R&D management. **IEEE Engineering Management Review**, v. 36, n. 3, p. 72, 2008.

PUNT, E. et al. Spatial and temporal variability of the Pacific saury (*Cololabis saira*) distribution in the northwestern Pacific Ocean. v. 70, p. 991–999, 2013.

RUFFINO, M. L.; LIMA, L. H.; SANT’ANA, R. **Situação Atual e Tendências da Pesca Marinha no Brasil e o Papel dos Subsídios**. [s.l: s.n.].

SANTA BRÍGIDA, E. L. et al. Population analysis of *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829) (Perciformes, Scombridae) from the Northern and Northeastern coast of Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 4 SUPPL., p. 919–924, 2007.

SICCHA-RAMIREZ, Z. R. et al. SNP identification and validation on genomic DNA for studying

genetic diversity in *Thunnus albacares* and *Scomberomorus brasiliensis* by combining RADseq and long read high throughput sequencing. **Fisheries Research**, v. 198, n. March 2017, p. 189–194, 2018.

SPARRE, P.; VENEMA, S. C. **Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1: Manual**. [s.l: s.n.].

TRENT, L. et al. Size, sex ratio, and recruitment in various fisheries of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, in the southeastern United States. **Fishery Bulletin**, v. 81, n. 4, p. 709–721, 1983.

TRENT, L. et al. Abundance of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, in the southeastern United States based on CPUE data from charterboats, 1982-85. **Marine Fisheries Review**, v. 49, n. 2, p. 78–90, 1987.

UNCLOS. India and the united nations convention on the law of the sea. **Ocean Development and International Law**, v. 26, n. 4, p. 391–412, 1982.

VIDAL, M. DE F.; GONÇALVES, M. F. Informe Rural Etene. p. 1–17, 2008.

WANG, Y. et al. Effect of environmental factors and density-dependence on somatic growth of Eastern Georges Bank haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). **Fisheries Research**, v. 240, n. August 2020, 2021.

ZHAO, H. et al. Spatiotemporal distribution of *Decapterus maruadsi* in spring and autumn in response to environmental variation in the northern South China Sea. **Regional Studies in Marine Science**, v. 45, p. 101811, 2021.