



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
NÚCLEO DE ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA

DIEGO GOMES TRINDADE

**Análise da variabilidade climática marinha sobre a  
abundância relativa de *Lutjanus purpureus* (POEY, 1866)  
na Plataforma Continental Amazônica**

BELÉM - PA  
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
NÚCLEO DE ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA

DIEGO GOMES TRINDADE

**Análise da variabilidade climática marinha sobre a  
abundância relativa de *Lutjanus purpureus* (POEY, 1866)  
na Plataforma Continental Amazônica**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia  
Aquática e Pesca da Universidade Federal  
do Pará, para a obtenção do título de Mestre  
em Ecologia Aquática e Pesca.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Bianca Bentes  
Coorientador: Prof. Dr. Nelson Gouveia

BELÉM - PA  
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a)

---

T832a Trindade, Diego.  
Análise da variabilidade climática marinha sobre a  
abundância relativa de *Lutjanus purpureus* (POEY, 1866) na  
Plataforma Continental Amazônica / Diego Trindade. — 2023.  
95 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Bianca Bentes  
Coorientador(a): Prof. Dr. Nelson Gouveia  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Núcleo de Ecologia Aquática e Pesca da Amazônia,  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca,  
Belém, 2023.

1. Pesca marinha. 2. ODS 14. 3. Ondeletas  
cruzadas. 4. Reanálises. 5. ENOS. I. Título.

CDD 639.209811

---

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Diego Gomes Trindade**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará, para a obtenção do título de mestre.

Área de concentração: Ecologia e manejo de recursos pesqueiros

**Aprovado em:** 31 de março de 2023.

BANCA EXAMINADORA:



---

**Profa. Dra. Bianca Bentes**


Universidade Federal do Pará (Orientadora)



---

**Prof. Dr. Marcelo Costa Andrade - Interno**

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)



---

**Profª. Drª. Beatrice Padovani Ferreira - Externo**

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)



---

**Prof. Dr. Fulvio Aurélio de Moraes Freire - Externo**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

SUPLENTES:

---

**Profª. Drª. Victoria Judith Isaac Nahum - Interno**

Universidade Federal do Pará (UFPA)

---

**Prof. Dr. Eduardo Tavares Paes - Externo**

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

## **Dedicatória**

Este vai para os meus pais, Maria Dulcinéia e Raimundo Cardoso, que sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas acadêmicas e pessoais. Agradecer-lhes é muito pouco diante do amor, carinho e dedicação que sempre me ofereceram. Se hoje sou capaz de me formar Mestre em Ecologia Aquática e Pesca, é graças à educação e ao exemplo de perseverança que recebi de vocês. Essa conquista é nossa.

## Agradecimentos

Gostaria de começar agradecendo à minha família, meus pais para qual dediquei este trabalho e acrescento minha irmã, Dayse Trindade e meu sobrinho, João Manoel. Obrigado por tudo o que me proporcionaram até aqui. Amo vocês!

Às minhas amigas, que também considero como minha família, Luana Mescouto, Rhanna Lobato e Jaíne de Paula. Meu fechamento é vocês! Obrigado, meus amores, pela força e pelo companheirismo.

À minha orientadora, Profa. Dra. Bianca Bentes, pela oportunidade e pelos ensinamentos ao longo desses 7 anos de trabalho e em especial, nesta nova etapa da minha vida acadêmica. Ao meu coorientador, Nelson Gouveia, por todo o apoio e conhecimento repassado. Espero continuar aprendendo e trabalhando com vocês.

À toda a equipe do Grupo de Ecologia, Manejo e Pesca da Amazônia, em especial aos queridos Rafael Miranda, João Victor, Alan Fonseca, Hanna Moura, Adriele Silva e Paulo Emílio. Cada um de vocês tem um lugarzinho guardado no meu coração.

Agradeço ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Norte - CEPNOR/ICMBIO, ao Programa Espacial da União Europeia - COPERNICUS, à Administração Oceânica e Atmosférica Nacional do Estados Unidos - NOAA e à Agência Nacional de Águas - ANA pela concessão de todos os dados utilizados neste trabalho.

À Universidade Federal do Pará e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo fomento, apoio financeiro e consolidação do programa de pós-graduação *stricto sensu* em Ecologia Aquática e Pesca.

Aos membros titulares e suplentes desta banca, por aceitarem avaliar meu trabalho e contribuir com as suas valiosas considerações.

E a todos que estiveram envolvidos direta ou indiretamente durante essa etapa da minha vida acadêmica, o meu muito obrigado!



*“Qualquer função periódica pode ser reescrita  
como uma soma ponderada de senos e cossenos  
de diferentes frequências.”*

**Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830)**

## RESUMO

O pargo *Lutjanus purpureus*, é um dos principais recursos pesqueiros explorados na costa Norte brasileira e 100% direcionado ao mercado externo. Diante da redução evidente das capturas e da pressão pesqueira, resultante da demanda internacional para espécimes juvenis, a produção de pargo vem mostrando oscilações que, somado à variabilidade ambiental, podem estar agregando esforços a efeitos deletérios pouco conhecidos. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi estudar a relação da produção pesqueira do pargo com a variabilidade ambiental (meteoceanográfica, hidrológica e climática) em três áreas da Plataforma Continental Amazônica. Para isso foram utilizados dados mensais de desembarque e esforço obtidos através do banco de dados do ESTATPESCA (ICMBIO/CEPNOR) no período de 1997 a 2007. Os oceanográficos foram derivados da reanálise GLORYS (COPERNICUS). As séries temporais de Descarga média do Rio Amazonas e Pluviosidade média foram extraídas da plataforma Hidroweb v3.2.6 da Agência Nacional de Águas (ANA) e os índices climáticos foram obtidos por meio do banco de dados NCEP/NCAR Reanalysis Project e Reanalysis 2 (NOAA). Os dados foram submetidos aos testes estatísticos: Modelo Aditivo Generalizado (GAM) para modelar o efeito parcial das variáveis sobre a CPUE e posteriormente à uma análise de Espectro cruzado de ondeletas (Crosswavelet) para identificar possíveis correlações na frequência, espaço e tempo. Os resultados descritivos indicaram que pesca do pargo teve uma maior produção em média no terceiro trimestre do ano ( $H=197,4$ ;  $p<0,01$ ), em contrapartida, a menor produção ocorre no primeiro trimestre. Dentre as variáveis que mais contribuíram para o efeito parcial do modelo aditivo generalizado destacam-se: CHL e SSH no Setor Sul, ARD no Setor Central e SST, SSS, e CLH no Setor Norte. De modo geral, os resultados obtidos por meio da análise espectral indicaram um sinal anual de alta frequência em todas as variáveis ambientais (TSM, SSS, CHL, SSH, ARD), indicando a presença de padrões ou variações significativas que se repetem a cada ano, podendo indicar que a pesca do pargo é influenciada principalmente pelos efeitos sazonais das variáveis oceanográficas. Estes resultados sugerem que as flutuações nas capturas de pargo no período de 1997 a 2007 podem ser o resultado dos processos naturais que ocorrem na PCA a cada ano em sinergia com as variáveis ambientais que também são afetadas pelo padrão do ENOS de uma forma mais indireta.

Palavras-chave: Pesca marinha; ODS 14; Ondeletas cruzadas; Reanálises; ENOS;



## ABSTRACT

The red snapper *Lutjanus purpureus* is one of the main fishing resources exploited on the Brazilian North coast, and 100% directed to the foreign market. Due to the evident reduction in catches and fishing pressure resulting from international demand for juvenile specimens, snapper production has shown oscillations that, together with environmental variability, may be adding efforts to little-known deleterious effects. Therefore, the aim of this study was to investigate the relationship between snapper fishery production and environmental variability (meteorological, oceanographic, hydrological, and climatic) in three areas of the Amazon Continental Shelf. Monthly landing and effort data were obtained from the ESTATPESCA database (ICMBIO/CEPNOR) from 1997 to 2007. The oceanographic data were derived from GLORYS reanalysis (COPERNICUS). The time series of average discharge of the Amazon River and average rainfall were extracted from the Hidroweb platform v3.2.6 of the National Water Agency (ANA), and the climatic indices were obtained through the NCEP/NCAR Reanalysis Project and Reanalysis 2 (NOAA) database. The data were subjected to statistical tests: Generalized Additive Model (GAM) to model the partial effect of the variables on CPUE and subsequently to a Crosswavelet analysis to identify possible correlations in frequency, space, and time. The descriptive results indicated that snapper fishing had higher production on average in the third quarter of the year ( $H = 197.4$ ;  $p < 0.01$ ), while the lowest production occurred in the first quarter. Among the variables that contributed the most to the partial effect of the generalized additive model are: CHL and SSH in the Southern Sector, ARD in the Central Sector, and SST, SSS, and CLH in the Northern Sector. In general, the results obtained through spectral analysis indicated an annual high-frequency signal in all environmental variables (TSM, SSS, CHL, SSH, ARD), indicating the presence of significant patterns or variations that repeat every year, which may indicate that snapper fishing is mainly influenced by seasonal effects of oceanographic variables. These results suggest that fluctuations in snapper catches from 1997 to 2007 may be the result of natural processes that occur in the Amazon Continental Shelf every year in synergy with environmental variables that are also affected by the ENSO pattern in a more indirect way.

**Keywords:** Marine Fisheries; ODS 14; Crosswavelet; Reanalysis; ENSO.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1. Vista lateral do pargo *Lutjanus purpureus*, capturado pela frota pargueira na Plataforma Continental Amazônica. Fonte: Ítalo Lutz (2017) ..... 18
- Figura 2. Artes de pesca utilizadas na captura de pargo, *Lutjanus purpureus* na costa Norte do Brasil. a) Linha pargueira com auxílio da bicicleta (Menezes, 2019); b) Covo ou manzuá (Trindade, 2019); c) Caíco (Trindade, 2019) ..... 21
- Figura 3. Desembarque anual de pargo *Lutjanus purpureus*. Linha tracejada vermelha indica a média anual. Fonte: SUDEPE / IBGE / CEPENE / IBAMA / MPA / FIP-PARGO /MAPA ..... 22

### CAPÍTULO 2

- Figura 1. Área de atuação da pesca comercial do pargo *Lutjanus purpureus* e os recifes de corais da Amazônia. Fonte: adaptado de Moura et al. (2016). As áreas indicadas nos quadrados vermelhos referem-se as três subáreas estudadas: Setor Sul (próximo ao estado do Maranhão), Setor Central (foz do Amazonas) e Setor Norte (próximo ao Cabo Orange) ..... 44
- Figura 2. Valores mensais de captura por unidade de esforço (CPUE) da pesca do pargo para o período de janeiro de 1997 a dezembro de 2007. A linha cinza contínua representa o desembarque e a pontilhada a CPUE ..... 46
- Figura 3. Valores mensais (1997 a 2007) das variáveis meteoceanográficas para as áreas de pesca (Sul, Central e Norte – ver detalhamento das áreas na figura 1) do pargo - *Lutjanus purpureus* - na Plataforma Continental Amazônica. A) Temperatura da superfície do mar (SST); B) Salinidade superficial (SSS); C) Concentração de chlorofila-a (CHLA); D) Altura da superfície do mar (SSH) ..... 42
- Figura 4. Valores mensais (1997 a 2007) de Descarga do Rio Amazonas (ARD - linha contínua) e Pluviosidade (RAIN - linha pontilhada) referentes à estação fluviométrica do município de Óbidos, estado do Pará, Brasil ..... 48
- Figura 5. Mapa de calor representando a correlação de Pearson entre CPUE, variáveis meteoceanográficas, hidrológicas e índices climáticos. Diferentes intensidades de cores azuis e vermelhas denotam a correlação mais positiva ou negativa ..... 53
- Figura 6. Variação mensal da mediana da CPUE (kg.dias de mar-1) dos desembarques do pargo, *Lutjanus purpureus*, na Plataforma Continental Amazônica durante o período de janeiro de 1997 a dezembro de 2007. A linha central representa a mediana da CPUE; o limite do box representa o primeiro e o terceiro quartil e a linha (whiskers) os limites máximo e mínimo das observações ..... 55
- Figura 7. Descarga do Rio Amazonas (linha contínua) e pluviosidade (linha pontilhada) no período de 1997 a 2007 obtida a partir de dados da HIDROWEB v3.2.6 (disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>; acessado em 25 de agosto de 2022). Linhas pontilhadas azuis indicam os picos e as vermelhas indicam as mínimas ..... 58

Figura 8. Influência parcial das variáveis meteoceanográficas e hidrológicas sobre a CPUE de pargo, <i>Lutjanus purpureus</i> , em três áreas da Plataforma Continental Amazônica. Linha central representa a tendência suave e linhas pontilhadas o intervalo de confiança. A = Chlorofila-a - setor Sul; B = Altura da superfície do mar - Setor Sul; C = Descarga do Rio Amazonas - Setor Central; D = Temperatura da superfície do mar - Setor Norte; E = Salinidade - Setor Norte; F = Chlorofila-a - Setor Norte .....	61
Figura 9. Influência parcial dos Índices de SST do Pacífico sobre a CPUE de pargo, <i>Lutjanus purpureus</i> , em três áreas da Plataforma Continental Amazônica. Linha central representa a tendência suave e linhas pontilhadas o intervalo de confiança. A = anomalia de SST da região Niño 3+4 - Setor Sul; B = Índice Multivariado de El Niño - Setor Central; C = Índice de El Niño Oceânico - Setor Norte; D = Anomalia de SST da região Niño 3+4 - Setor Norte .....	62
Figura 10. Influência parcial dos Índices de SST do Atlântico sobre a CPUE de pargo, <i>Lutjanus purpureus</i> , em três áreas da Plataforma Continental Amazônica. Linha central representa a tendência suave e linhas pontilhadas o intervalo de confiança. A, B, C = Índice do Atlântico Norte Tropical - Setor Sul, Central e Norte respectivamente; D, E = Gradiente Inter-hemisférico de TSM do Atlântico - Setor Central (esquerda) e Norte (direita); F, G = Modo Meridional do Atlântico - Setor Central (esquerda) e Norte (direita) .....	63
Figura 11. Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, <i>Lutjanus purpureus</i> e a temperatura da superfície do mar do Setor Norte da Plataforma Continental Amazônica .....	65
Figura 12. Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, <i>Lutjanus purpureus</i> e a salinidade superficial do Setor Norte da Plataforma Continental Amazônica .....	65
Figura 13. Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, <i>Lutjanus purpureus</i> e a Altura da superfície do mar no Setor Sul da Plataforma Continental Amazônica .....	66
Figura 14. Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, <i>Lutjanus purpureus</i> e a descarga média do Rio Amazonas no Setor Central da Plataforma Continental Amazônica .....	66
Figura 15. Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, <i>Lutjanus purpureus</i> e a concentração de Chlorofila-a no Setor Sul (acima) e Setor Norte (abaixo) da Plataforma Continental Amazônica .....	68
Figura 16. Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, <i>Lutjanus purpureus</i> e os Índices de Temperatura da Superfície do Mar do Oceano Pacífico. MEI (acima) e ONI (abaixo) .....	69
Figura 17. Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, <i>Lutjanus purpureus</i> e os Índices de Temperatura da Superfície do Mar do Oceano Atlântico. TNA (acima), GITA (centro) e AMM (abaixo) .....	70
Figura 18. Série histórica dos eventos de El Niño (faixa vermelha) e La Niña (faixa azul) durante o período de janeiro de 1997 a dezembro de 2007. Área escura representa a CPUE de pargo, <i>Lutjanus purpureus</i> na Plataforma Continental Amazônica. Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) .....	73

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Valores médios, mínimos, máximos e desvios padrão mensais das variáveis oceanográficas por setor na Plataforma Continental Amazônica no período de janeiro de 1997 a dezembro de 2007. SST = Temperatura da superfície do mar; SSS = Salinidade superficial; CHLA = Concentração de Chlorofila-a; SSH = Altura da superfície do mar ..... 50
- Tabela 2. Parâmetros da regressão linear entre CPUE e as variáveis oceanográficas da Plataforma Continental Amazônica.  $\alpha$  = coeficiente linear;  $\beta$  = coeficiente angular;  $R^2$  = coeficiente de regressão linear ..... 50
- Tabela 3. Resultados dos modelos aditivos generalizados (GAM) entre a CPUE, variável resposta, e as variáveis preditoras (Meteoceanográficas, hidrológicas e climáticas) da PCA por área de pesca (Sul, Central e Norte). As legendas para os valores de p são: entre 0 e 0,001 = \*\*\*; 0,001 e 0,01 = \*\*; 0,01 e 0,05 = \*; 0,05 e 0,1 = . ; 0,1 e 1 = não significativo ..... 52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIC	Critério de informação de AKAIKE
AMM	Modo Meridional do Atlântico
ANA	Agência Nacional de Águas
ARD	Descarga do Rio Amazonas
CHL	Concentração de Chlorofila-a
CMEMS	Copernicus Marine and Environmental Monitoring Service
ENOS	El Niño Oscilação Sul
GITA	Gradiente Inter-hemisférico de TSM do Atlântico
HP	Horse-power
MEI	Índice Multivariado de El Niño
NIN12	Anomalias de TSM da região Niño 1+2
NIN34	Anomalias de TSM da região Niño 3+4
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONI	Índice de El Niño Oceânico
PCA	Plataforma Continental Amazônica
RAIN	Pluviosidade
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SST	Temperatura da Superfície do Mar
SSS	Salinidade da Superfície do Mar
SSH	Altura da Superfície do Mar
TNA	Índice de TSM do Atlântico Tropical Norte
TSA	Índice de TSM do Atlântico Tropical Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL

1. OS RECURSOS PESQUEIROS NO BRASIL E NO MUNDO .....	16
2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PARGO <i>Lutjanus purpureus</i> .....	17
2.1. Sistemática e morfologia .....	17
2.2. Característica bioecológicas .....	18
3. A PESCA COMERCIAL DO PARGO NO BRASIL .....	20
3.1. Histórico e situação atual .....	20
3.2. Ordenamento da pesca do pargo .....	22
4. VARIABILIDADE CLIMÁTICA MARINHA .....	24
4.1. Temperatura da Superfície do Mar (TSM) .....	24
4.2. Zona de convergência Intertropical (ZCIT) .....	25
4.3. Eventos de larga escala .....	26
4.3.1. El Niño Oscilação Sul (ENOS) .....	26
4.3.2. Dipolo de TSM do Oceano Atlântico Tropical .....	27
5. JUSTIFICATIVA .....	28
6. OBJETIVOS .....	30
6.1. Objetivo geral .....	30
6.2. Objetivos específicos .....	30
7. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	30
8. REFERÊNCIAS .....	30

### CAPÍTULO II – ARTIGO CIENTÍFICO

1. INTRODUÇÃO .....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	43
2.1. Área de estudo .....	43
3. COLETA DE DADOS .....	44
3.1. Desembarque e esforço .....	44
3.2. Dados oceanográficos .....	46
3.3. Dados hidrológicos .....	48
3.4. Índices climáticos .....	49

4. PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS .....	52
4.1. Modelo Aditivo Generalizado (GAM) .....	52
4.2. Espectro cruzado de Ondeletas .....	54
5. RESULTADOS .....	55
5.1. Abundância Relativa de Pargo .....	55
5.2. Variáveis oceanográficas da Plataforma Continental Amazônica .....	56
5.3. Hidrologia .....	57
5.4. Modelo aditivo generalizado .....	58
5.5. Análise espectral .....	29
6. DISCUSSÃO .....	71
8. REFERÊNCIAS .....	76

# CAPÍTULO I

## Introdução geral



## 1. OS RECURSOS PESQUEIROS NO BRASIL E NO MUNDO

Os recursos pesqueiros são as *commodities* alimentares mais comercializadas globalmente. Destacam-se como fonte de segurança alimentar e econômica. Segundo o relatório *The State of World Fisheries and Aquaculture* (conhecido como SOFIA), a produção global de pescado alcançou, em 2018 aproximadamente, 179 milhões de toneladas, avaliados em 401 bilhões de dólares. Desse total, 96 milhões de toneladas foram provenientes da pesca, representando um aumento de 7% entre os anos de 2008 e 2017 (FAO, 2020).

O consumo de pescado atingiu uma média global de 20,5 kg por pessoa/ano em 2018, devendo aumentar nas próximas décadas, demonstrando o seu papel crescente na segurança alimentar global. No Brasil, a produção de pescado possui um importante papel socioeconômico, gerando emprego, renda e servindo como principal fonte de alimento para a população local costeira (Pinheiro et al. 2013; FAO, 2020).

Estima-se que a pesca marinha gere 260 milhões de empregos no planeta, cerca de 60 milhões de pessoas diretamente envolvidas em atividades de captura ou cultivo de produtos pesqueiros em 2018. A China lidera o ranking global de maiores produtores de pescado, detendo 15% da produção total, seguido pela Indonésia (7%) e Peru (7%). Em relação a produção brasileira, dados estimados apontam para uma produção de 500 mil toneladas anuais, posicionando o país como o 33º maior produtor de pescados de captura marinha do mundo (FAO, 2020; Zamboni et al. 2020).

Entretanto, a pesca marinha encontra-se como um dos principais setores afetados em detrimento das ações antrópicas. Desde o início dos anos 1990, a maior parte do crescimento da produção do setor, como um todo, tem sido da aquicultura. Em contrapartida, a produção pesqueira marinha tem se mantido relativamente estável (em torno de 80 milhões de toneladas/ano). As 25 espécies ou grupos de espécies responsáveis por 60% da produção marinha estão totalmente exploradas ou sobre exploradas (Dias-Neto e Dias, 2015; FAO, 2020; Unterstell e Yonaha, 2021).

No estado do Pará, a produção pesqueira atingiu, aproximadamente, 87.500 toneladas no ano de 2011, equivalente a 15,8% da produção nacional. Dentre as principais espécies desembarcadas no estado, destacam-se pescada amarela

*Cynoscion acoupa* (Lacepède, 1801), corvina *Cynoscion virescens* (Cuvier, 1830), pescada gó *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider, 1801), serra *Scomberomorus brasiliensis* (Collete, Russo e Zavala-Camin, 1978), gurijuba *Sciades parkeri* (Traill, 1832) e a espécie alvo deste estudo, o pargo *Lutjanus purpureus* (Poey, 1866) (Brasil, 2012; Sales et al. 2021).

## **2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PARGO *Lutjanus purpureus***

### **2.1. Sistemática e morfologia**

O pargo *Lutjanus purpureus* (Poey, 1866) é um teleósteo marinho de hábito demersal, esta espécie é classificada dentro do reino Animalia, filo Chordata, classe Actinopterygii, ordem Perciformes, gênero *Lutjanus* e espécie *L. purpureus*. Conhecido, globalmente, como Southern red snapper, Caribbean red snapper, Vivaneau rouge ou pargo colorado. Pode alcançar um metro de comprimento e pesar até 10 kg, apresentando distribuição geográfica restrita ao Atlântico Ocidental, do Sul de Cuba ao Nordeste do Brasil (Rivas, 1966; Allen, 1985; Cervigón et al. 1992).

A primeira descrição foi feita por George Marcgrave em 1648, nomeando-a como *Acará aya*. No entanto, Bloch em 1790 incluiu a espécie no gênero *Bodianus*, denominando-a como *Bodianus aya*, e posteriormente, em 1801, Bloch e Schneider mudaram o epíteto específico para *ruber*, mantendo a espécie no mesmo gênero. Em 1828, Cuvier redescreveu a espécie e a colocou no gênero *Mesoprion*, dando-lhe o nome *Mesoprion aya*, mas também a chamou de *Mesoprion purpureus*, possivelmente por causa da coloração do corpo e dos olhos da espécie. Após uma série de extensas revisões Poey (1875) em uma revisão, incluiu a espécie no gênero *Lutjanus* (Bloch, 1791), devido a sinonímia com o gênero *Mesoprion*, assim o nome científico da espécie passou a ser *Lutjanus purpureus* (Marcgrave, 1648; Marcgrave e Piso, 1648; Bloch e Schneider, 1801; Cuvier, 1828; Borrer, 1988).

Com relação a sua morfologia externa, o pargo possui corpo no formato fusiforme, coberto com escamas do tipo ctenóide, boca terminal com uma placa de dentes vomerianos, coloração rosa na região ventral e vermelha intensa no dorso e nas nadadeiras. Sua nadadeira dorsal apresenta 10 espinhos e 14 raios, a nadadeira peitoral é longa e tem 17 raios, a nadadeira anal conta com três espinhos e de oito a

nove raios, enquanto a nadadeira caudal é furcada, com o lobo superior ligeiramente maior do que o inferior (Allen, 1985; Cervigón et al. 1992; Lessa e Nóbrega, 2000).



**Figura 1.** Vista lateral do pargo *Lutjanus purpureus*, capturado pela frota pargueira na Plataforma Continental Amazônica. Fonte: Ítalo Lutz (2017).

## 2.2. Características bioecológicas

O pargo habita fundos rochosos, arenosos e coralíneos, ao longo da plataforma continental e de bancos oceânicos. A espécie realiza intensa migração vertical, em função de fatores bióticos e abióticos, embora ainda não tenham sido estudadas as variáveis que respondem por este comportamento. O pargo é encontrado, na plataforma continental, entre 30 e 160 metros de batimetria. Nos bancos oceânicos, esse intervalo fica entre 50 e 200 metros (Ivo e Hanson, 1982; Paiva, 1997; Szpilman, 2000).

Os juvenis se alimentam mais próximos ao substrato, capturando foraminíferos, espongiários, briozoários e anelídeos. Os adultos consomem organismos pelágicos, como: peixes, crustáceos, moluscos e tunicados. Neste contexto, o pargo pode ser caracterizado como um carnívoro generalista (Furtado-Ogawa e Menezes, 1972; Szpilman, 2000).

O pargo é considerado, em termos de reprodução, ovulíparo. Ou seja, apresenta fecundação externa e o desenvolvimento embrionário se dá com os ovos dispersos no ambiente. Sua desova é total, com ocorrência de fêmeas maduras ao longo do ano inteiro, especialmente nos meses de dezembro a maio e em outubro (Fonteles-Filho, 1970; Ivo e Hanson, 1982; Souza, 2002; Sarmiento, 2012).

Os primeiros estudos sobre a sua dinâmica reprodutiva, no Brasil, apontam que a espécie realiza migrações, ao longo dos litorais das regiões Norte e Nordeste para completar seu ciclo reprodutivo. A literatura registrou dois estoques distintos de fêmeas, desovando nos bancos oceânicos do Ceará e do Rio Grande do Norte e suas larvas sendo dispersas pela corrente Sul Equatorial até a foz do rio Amazonas (Ivo e Hanson, 1982; Fonteles-Filho, 2007). Porém, estudos mais recentes de Freire (2019) corroborados por Pinheiro (no prelo) encontraram fêmeas aptas a desova na costa norte brasileira, refutando a hipótese de migração para os bancos oceânicos.

Almeida (1963) determinou de forma pioneira o tamanho de primeira maturação sexual da espécie em 46 centímetros. Pesquisas posteriores constataram um comprimento total para atingir a primeira maturação em 43 centímetros (Ivo e Hanson, 1982; Fonteles-Filho, 1970; Souza et al. 2003). Sarmiento (2012) estabeleceu um comprimento de primeira maturação para ambos os sexos em 39,5 cm, o que pode evidenciar uma diminuição nesta característica, ao longo dos anos. Provavelmente, associado ao esforço pesqueiro, que tem aumentado nos últimos anos (Bentes et al. 2017; Freire, 2019).

Em relação ao crescimento do pargo, estudos realizados na costa brasileira indicam que a espécie possui comprimento máximo assintótico em torno de  $L_{\infty} = 90$  cm, taxa média de crescimento anual de  $K = 0,101$  e longevidade estimada do estoque capturável podendo chegar a 33 anos (Fonteles-Filho, 2007; Souza, 2002; Resende et al. 2008). Atualmente, a principal área de ocorrência da espécie está localizada na costa Norte do país, compreendendo os estados do Amapá, do Pará e do Maranhão, alvo das frotas pesqueiras artesanal e industrial (Bentes et al. 2017).

### **3. A PESCA COMERCIAL DO PARGO NO BRASIL**

#### **3.1. Histórico e situação atual**

A captura do pargo no Brasil teve início no final da década de 1950, em bancos oceânicos e na plataforma continental da região Nordeste. Período em que os pescadores portugueses inseriram um espinhel vertical conhecido como “linha pargueira”. Nesta época, a captura era focada, principalmente, em atuns e lagostas. O desembarque da espécie atingiu 4.862 toneladas em 1967, impulsionado pelo aumento significativo do esforço de pesca. Posteriormente, a produção passou a diminuir de forma gradativa até chegar a 1.008 toneladas no ano de 1970 (Paiva, 1997; Fonteles-Filho, 2007; Resende et. al. 2008).

Após este período, a pescaria deixou de ser praticada nos bancos oceânicos, se concentrando, exclusivamente, na plataforma continental. Os maiores números de desembarques ocorriam em Fortaleza, CE. Em 1977, a produção atingiu 6.746 toneladas, declinando, novamente, de forma significativa. Isso motivou a migração da pescaria para o litoral amazônico brasileiro. A década de 1980 foi marcada pelo aperfeiçoamento do apetrecho de pesca direcionado à espécie, culminando em novo aumento da produção (Ivo e Sousa, 1988; Paiva, 1997;).

Na década de 1990, o município de Bragança, no estado do Pará, passou a concentrar a maioria dos desembarques de pargo do Brasil. Um marco neste período foi a introdução de uma armadilha móvel como apetrecho de pesca, denominada de covo ou manzuá. Esta estrutura aumentou, consideravelmente, o poder de captura, inclusive de indivíduos jovens (Souza, 2002; Fonteles-Filho, 2007;).

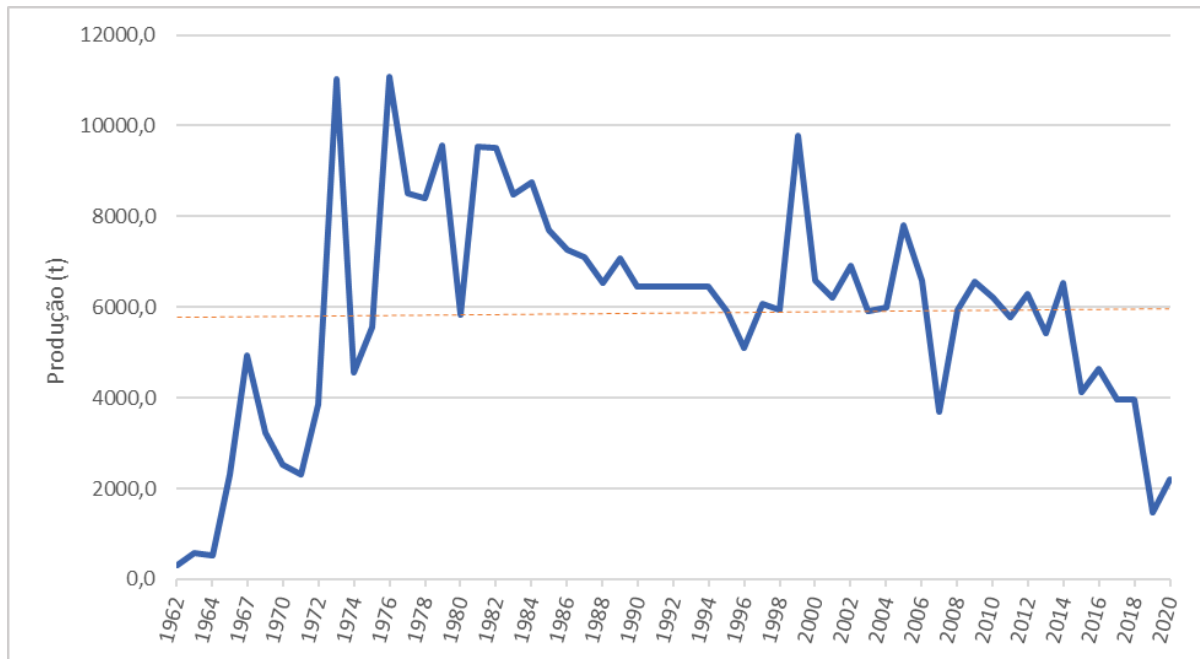
Atualmente, a frota pargueira brasileira é sediada, quase que em sua totalidade, em Bragança. São embarcações com comprimento total variando de nove a 15 metros, casco de madeira, potência do motor de 40 a 360 HP, capacidade de estocagem de cinco a 40 toneladas, oito a 12 tripulantes e autonomia de até 30 dias de mar. Essas embarcações são equipadas com GPS, ecossonda, bússola e dispositivos de comunicação via rádio. Podem utilizar três técnicas de captura: a linha pargueira, içada com auxílio de um guincho manual chamado de “bicicleta” (figura 2a); o covo ou manzuá (figura 2b); e os caícos (figura 2c), pequenas embarcações que

abastecem a embarcação principal e adotam a linha pargueira sem o uso da “bicicleta” (Souza et al. 2003; Bentes et al. 2017; Costa et al. 2017).



**Figura 2.** Artes de pesca utilizadas na captura de pargo, *Lutjanus purpureus* na costa Norte do Brasil. a) Linha pargueira com auxílio da bicicleta (Menezes, 2019); b) Covo ou manzuá (Trindade, 2019); c) Caíco (Trindade, 2019).

Os dados estatísticos de produção de pargo apresentam grandes variações ao longo do tempo, estabelecendo-se na ordem de 6.000 toneladas (Figura 3). Porém, o volume de capturas dos estados da federação, discriminada por grupo taxonômico, não é realizada desde 2007. O monitoramento dos desembarques de pargo, no estado do Pará, realizado por Bentes e colaboradores, em 2017, indicou uma produção de 3.982 toneladas, com os estados do Ceará, Pernambuco e Bahia constituindo-se nos principais mercados consumidores no âmbito nacional, enquanto os Estados Unidos representam o destino mais comum em termos de mercado externo (MPA/MMA, 2011; Bentes et al. 2017; Freire, 2019).



**Figura 3.** Desembarque anual de pargo *Lutjanus purpureus*. Linha tracejada vermelha indica a média anual. Fonte: SUDEPE/CEPENE/IBAMA/MPA/FIP-PARGO/MAPA.

Em 2021, a Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP) divulgou, por meio do Painel de Monitoramento e Ordenamento da Pesca do Pargo, os dados dos mapas de bordo referentes às capturas de pargo realizadas em 2020: cerca de 2.200 toneladas. Mas o número é menos da metade do registrado na exportação da espécie no ano anterior (4.823 toneladas) pelo Painel do Pescado (disponível em: [www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/registro-monitoramento-e-cadastro/monitoramento-e-ordenamento-da-pesca-do-pargo](http://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/registro-monitoramento-e-cadastro/monitoramento-e-ordenamento-da-pesca-do-pargo)). Essa diferença evidencia a subnotificação das capturas de pargo no Brasil (MMA, 2018; SAP, 2020).

### 3.2. O ordenamento da pesca do Pargo

As primeiras medidas de ordenamento aplicadas à pesca do pargo surgiram no final dos anos 1970, em decorrência da depleção dos estoques no Nordeste. Destacam-se a obrigatoriedade do preenchimento dos mapas de bordo e restrição do esforço de pesca da frota pargueira permissionada (SUDEPE, 1979; 1981; 1984; Ivo e Hanson, 1982). Além disso, outras medidas já incidiram sobre a espécie, como implicações mercadológicas, o tamanho mínimo de captura de 41 centímetros previsto

na Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente (MMA) nº 7 de 15 de julho de 2004 (Brasil, 2004).

Após uma série de regulamentações e medidas de ordenamento ineficientes, a pesca do pargo sucumbiu, alinhada com os evidentes indícios de sobrepesca e até mesmo pela pesca ilegal resultando na inserção da espécie na “Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos” como vulnerável, proibindo sua captura. Em 2018, a Portaria MMA nº 228, de 14 de junho de 2018 reconheceu o pargo como passível de exploração, estudo ou pesquisa e estabeleceu as condições necessárias, determinando que o seu uso e manejo sustentável deverão atender às medidas propostas no seu Plano de Recuperação Nacional, a serem regulamentadas por norma específica de ordenamento pelos órgãos competentes, nos termos da legislação vigente (Brasil, 2014; 2018).

O Plano de Recuperação do pargo foi produzido no âmbito do Grupo de Trabalho da Portaria MMA nº 445 de 2014, com o objetivo de produzir uma recomendação técnica para regulamentar o uso sustentável da espécie, e foi de extrema importância para que a pesca comercial continuasse atuando. Os fóruns de debate sobre a gestão pesqueira, que contavam com participação da sociedade civil e suporte científico, foram extintos em 2019 por meio de sucessivos decretos que regravaram o funcionamento de colegiados e alteraram a estrutura organizacional dos ministérios e, até o momento, não foram recriados (Brasil, 2014; 2018; Zamboni et al. 2020).

Uma série de ações emergenciais que constam no Plano de Recuperação, até o momento, não foram executadas, tais como a implementação de um programa de monitoramento contínuo da pesca do pargo cujo o prazo de implementação era de 1 ano a partir da publicação do documento e a retomada do funcionamento do Comitê Permanente de Gestão dos Recursos Demersais Norte/Nordeste, incluindo o subcomitê científico do pargo cujo o prazo de implementação deveria ser imediatamente após a publicação do Plano de Recuperação.

Atualmente, as medidas de ordenamento vigentes são: capturas permitidas a partir da isóbata de 50 metros; período de defeso da espécie de 16 de dezembro a 30 de abril; uso de linha pargueira com anzóis número quatro, cinco ou seis e abertura



igual ou superior a um centímetro e seis milímetros; abertura da malha do covó ou manzuá com comprimento entre nós opostos igual ou superior a treze centímetros; limitação da frota em 150 embarcações; e uso de equipamento de rastreamento por satélite (MMA/SEAP, 2018).

#### **4. VARIABILIDADE CLIMÁTICA MARINHA**

A variabilidade climática marinha é a variação das condições climáticas e oceânicas em diferentes escalas de tempo e espaço. Essa variabilidade pode ser influenciada por fatores internos e externos, como mudanças na circulação atmosférica, mudanças na temperatura da superfície do mar, mudanças na salinidade da água e mudanças na taxa de gelo marinho (Goni et al. 2017; IPCC, 2019). Aqui serão apresentadas algumas forçantes que influenciam a dinâmica e a distribuição de espécies na Plataforma Continental Amazônica.

##### **4.1. Temperatura da Superfície do Mar (TSM)**

A temperatura da superfície do mar (TSM) exerce um papel fundamental no complexo mecanismo das interações entre o oceano e a atmosfera. A TSM limita-se na medição da temperatura da água entre os 10 cm e 7 m de profundidade, correspondendo à camada de mistura caracterizada por oscilações diárias e sazonais. A TSM é um dos parâmetros oceanográficos que mais exerce influência sobre a distribuição e abundância de diversas espécies de importância comercial, sendo considerada um fator limitante para a produção primária nos oceanos (Pezzi e Souza, 2009; Gigliotti et al. 2010; Sutcliffe et al. 2016).

A relação existente entre os organismos marinhos, por meio da transferência de energia e matéria orgânica, pelo processo alimentar é denominada de cadeia trófica. Neste caso, esses organismos são distribuídos em diferentes níveis tróficos. Uma representação simplificada dessa cadeia poderia ser dada pelo fitoplâncton (nível 1: produtor primário), representando a sua base, pelo zooplâncton (nível 2: consumidor primário), por um pequeno peixe pelágico, como a sardinha (nível 3: consumidor secundário), e por um grande peixe pelágico, como o pargo (nível 4: consumidor terciário), espécie alvo deste estudo (Soares-Gomes e Figueiredo, 2009; Gigliotti et al. 2010).

Sendo assim, estudos de variação da temperatura superficial são fundamentais para determinar o movimento de grandes volumes de água e compreender a distribuição dos organismos marinhos, além de desempenhar um papel significativo na variabilidade da precipitação. Um exemplo disso é a influência da TSM no Pacífico Equatorial na precipitação da América do Sul em eventos de El Niño (Kayano et al. 2016).

#### **4.2. Zona de convergência Intertropical (ZCIT)**

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é uma faixa de baixa pressão atmosférica localizada perto do equador terrestre, e configura um dos principais sistemas meteorológicos que influenciam o clima em regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo (Horel e Wallace, 1981). A ZCIT é formada pela convergência dos ventos alísios do hemisfério norte e sul. Quando esses ventos se encontram na região próxima ao equador, ocorre uma ascensão do ar, criando uma área de baixa pressão atmosférica. Essa ascensão do ar forma nuvens de chuva, que se movem em direção ao norte e ao sul da ZCIT, causando chuvas torrenciais e tempestades em áreas tropicais e subtropicais (Lau e Wu, 2001; Tokinaga e Xie, 2011).

A posição da ZCIT varia ao longo do ano, seguindo a movimentação do Sol sobre a Terra. Durante o verão no hemisfério norte, a ZCIT se desloca para o norte, enquanto no inverno, ela se desloca para o sul. Esse movimento sazonal da ZCIT é responsável pelas monções em muitas partes do mundo, incluindo Índia, sudeste asiático e África Ocidental (Xie et al. 2010; Ramesh et al. 2019).

A ZCIT pode influenciar a temperatura e a salinidade da água, o que pode afetar a distribuição e a abundância de espécies de peixes. Durante os períodos de chuvas intensas, a quantidade de água doce que é despejada na região aumenta significativamente, o que pode diminuir a salinidade da água. Isso pode afetar a reprodução e a migração de peixes que dependem da salinidade da água para essas atividades. Outra forma como a ZCIT pode influenciar a pesca é por meio da intensidade dos ventos, uma vez que nos períodos de maior intensidade, as correntes podem trazer nutrientes à superfície, favorecendo a produção primária e a concentração de cardumes (Chen e Kuo, 2007; Quintero e Mendoza, 2016; Chaves et al. 2018).

### **4.3. Eventos de larga escala**

#### **4.3.1. El Niño Oscilação Sul (ENOS)**

O ENOS (El Niño Oscilação Sul) é um fenômeno que ocorre no Oceano Pacífico Equatorial e na atmosfera adjacente referente às situações nas quais o oceano está mais aquecido ou resfriado do que a média normal histórica. O El Niño é a fase quente dessa oscilação. Esse aquecimento é, geralmente, observado no mês de dezembro, próximo ao Natal, motivando assim o nome do fenômeno “El Niño”. La Niña é o oposto, ou seja, trata-se do esfriamento anormal das águas do Oceano Pacífico Oriental e mais quentes na região Ocidental (Philander, 1990; Trenberth, 1997; Oliveira, 1999).

Em condições normais, os ventos alísios que atuam no oceano pacífico equatorial, carregam a água aquecida pelo sol em direção a oeste, acumulando-se na costa leste da Austrália. Desta forma, o calor é transferido para a atmosfera onde vai condensar e precipitar, causando chuvas intensas nessa região. Enquanto isso, ao longo da costa oeste da América do Sul, as águas mais frias do fundo que são trazidas pela Corrente de Humboldt são “puxadas” para a superfície, num fenômeno chamado de ressurgência. O El Niño acontece quando esse equilíbrio é alterado (Barry e Chorley, 2013; Oliveira, 2019).

Em condições de El Niño, uma anomalia enfraquece os ventos alísios, diminuindo a ressurgência, e conseqüentemente aumentando a concentração de água quente na costa oeste da América do Sul e ao longo do pacífico equatorial. Com isso, começam a ser observadas mudanças da circulação em níveis baixos e altos da troposfera, que é a camada mais próxima a superfície terrestre. As mudanças também podem ser observadas nos padrões de transporte de umidade e, portanto, variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas (Philander, 1990; Grimm, 2003; Barry e Chorley, 2013).

No Brasil, basicamente, duas áreas têm seus padrões de precipitação mais fortemente influenciadas pelo ENOS: o norte das regiões Norte e Nordeste. Nessas regiões, as chances de se ter um período chuvoso regular ou mais intenso aumentam, significativamente, em fenômenos de La Niña e períodos de seca severa e poucas chuvas no El Niño. Por outro lado, a Região Sul do Brasil pode ser afetada com maior

frequência de estiagens, principalmente, durante os meses de verão na La Niña (Grimm, 2003; Wollmann e Sartori, 2009).

A caracterização do ENOS pode ser analisada por meio do cálculo de alguns índices climáticos, como o Índice Multivariado do El Niño Oscilação Sul (MEI). O MEI é um índice climático que integra a ação de diferentes fatores que caracterizam o fenômeno e que oscila entre valores positivos para a fase quente, o El Niño, e negativo para a fase fria, a La Niña, e que considera, na sua composição, as seguintes variáveis: pressão ao nível do mar, as componentes zonal e meridional do vento na superfície, a temperatura da superfície do mar, a temperatura do ar em superfície e um indicador de nebulosidade. (Hulme et al. 2009; Sampaio e Dias, 2014; Katzav e Parker, 2015).

No caso do El Niño, não se sabe ao certo se é o enfraquecimento dos ventos que gera a anomalia quente ou se a própria distribuição da temperatura de superfície do mar que causa o enfraquecimento dos ventos. As alterações são cíclicas, tendo uma repetição que varia de três a sete anos, com El Niño acontecendo com maior frequência, principalmente, em razão do aquecimento global. Isto reforça a ideia de que é necessária uma visão mais abrangente do sistema climático e seus componentes, onde o entendimento das interações oceano-atmosfera é de suma importância (Caviedes, 2001; Ferreira et al. 2004; Soppa et al. 2011; Wang et al. 2020).

#### **4.3.2. Dipolo de TSM do Oceano Atlântico Tropical**

O dipolo de TSM (Temperatura da Superfície do Mar) do Atlântico Tropical é um fenômeno climático que ocorre na região tropical do oceano Atlântico. que envolve duas regiões distintas: uma região no Atlântico Norte, próxima à costa da América do Norte, e outra região no Atlântico Sul, próxima à costa da América do Sul. Essas duas regiões apresentam variações opostas de TSM: enquanto uma região apresenta temperaturas acima da média, a outra região apresenta temperaturas abaixo da média (Moura e Shukla, 1981; Nobre e Shukla, 1996).

Quando a região do Atlântico Norte apresenta temperaturas acima da média e a região do Atlântico Sul apresenta temperaturas abaixo da média, a fase é chamada de "Dipolo Positivo". Já quando a região do Atlântico Norte apresenta temperaturas

abaixo da média e a região do Atlântico Sul apresenta temperaturas acima da média, a fase é chamada de "Dipolo Negativo" (Huang et al. 2004; Lucena et al. 2011; Coelho, 2019).

Essa diferença na temperatura da superfície do mar pode ter impactos significativos no clima e na biodiversidade tanto da Plataforma Continental Amazônica, como em várias partes do mundo. Por exemplo, durante a fase positiva do Dipolo, as condições de seca podem se intensificar em algumas regiões da África, enquanto outras regiões podem experimentar chuvas acima da média. Já durante a fase negativa, a intensidade de furacões no Atlântico Norte pode ser reduzida, enquanto a ocorrência de tempestades tropicais pode aumentar no Atlântico Sul. O dipolo de TSM do Atlântico Tropical é monitorado regularmente por agências de meteorologia e oceanografia para prever esses possíveis impactos (Nittrouer e Demaster, 1996; Muehe e Garcez, 2008).

## **5. JUSTIFICATIVA**

Oscilações nas capturas de peixes economicamente importante são consideradas normais quando estas respondem aos efeitos ambientais e bioecológicos. Entretanto, para os estoques da costa Norte brasileira, ainda são pouco conhecidos os efeitos diretos ou indiretos causados por fatores climáticos e ambientais. O pargo do Norte, além de ser uma espécie cujos gatilhos ambientais que determinam os fenômenos biológicos serem desconhecidos, ainda é fortemente pressionado pelas demandas de mercado, cujos espécimes juvenis são os mais valorizados. Além disso, as estatísticas de captura têm registro descontínuo o que limita, em muito, a construção de cenários que possam projetar as capturas futuras.

Diante das mudanças ambientais que têm sido alvo de vários estudos mundiais e ainda da carência de modelos que possam elucidar a produção pesqueira em escalas maiores do território, os impactos gerados pela pesca associada (ou não) aos efeitos ambientais, ainda são desconhecidos ou quando acontecem, impactam bruscamente os sistemas pesqueiros e toda a cadeia de valor adjacente. Estes efeitos, se pudessem ser previstos, serviriam de aporte para estratégias mais eficientes de políticas públicas e da própria gestão pesqueira.

Em 2015, a Assembleia Geral das Nações Unidas aprovou a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, onde, foram estabelecidos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que devem ser alcançados por todos os países até 2030. O Objetivo 14 da Agenda 2030, Vida na Água, visa conservar e promover o uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos. Na sequência, as Nações Unidas instituíram o período de 2021 a 2030 como a “Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável”, também conhecida como a “Década dos Oceanos”, com a intenção de promover a ciência e a difusão de tecnologias oceânicas, integrando cientistas, empresários, organizações da sociedade civil e governos (ONU, 2015; IPCC, 2021).

No Brasil, a pesca comercial do pargo representa uma importante atividade econômica para um grande contingente de pessoas, principalmente da região costeira paraense onde está sediada sua frota. A quantidade média de recursos econômicos gerados anualmente pelas exportações dessa espécie, entre 2012 e 2019, é superior a US\$ 20 milhões, com quase US\$ 30 milhões nos últimos dois anos. Entretanto, os últimos dados estatísticos de desembarque dessa espécie não condizem com o valor exportado, evidenciando uma subnotificação dessa pescaria (Freire, 2019; SAP, 2020; Siscomex, 2020).

A situação atual da pesca do pargo é preocupante, visto que a indisponibilidade de séries históricas com informações sobre produção e esforço total de pesca correspondente, comprometem significativamente a gestão pesqueira (Isaac et al. 2006). Uma alternativa a essa problemática é a análise da produção pesqueira relacionada a variabilidade climática marinha através de reanálises. Os dados oriundos de satélites são gerados com um custo relativamente baixo e contribuem na formulação de informações importantes ou pesquisas direcionadas ao monitoramento e estudos dos oceanos (Lorenzetti, 2015).

## 6. OBJETIVOS

### 6.1. Objetivo geral

Estudar a relação da pesca do pargo, *Lutjanus purpureus*, com a variabilidade climática e marinha na Plataforma Continental Amazônica.

### 6.2. Objetivos específicos

- Estudar as oscilações das capturas de pargo, *Lutjanus purpureus*, durante os anos de 1997 a 2007.
- Analisar a climatologia em três áreas da Plataforma Continental Amazônica, onde atua a frota pargueira.
- Analisar a influência parcial das variáveis meteoceanográficas, hidrológicas e índices climáticos sobre a abundância relativa de pargo, *Lutjanus purpureus* em diferentes escalas de tempo e frequência.

## 7. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O modelo escolhido para a apresentação dessa dissertação foi o de artigo científico. Assim, o documento é composto por dois capítulos sendo o Capítulo 1 uma introdução geral abordando os principais tópicos sobre a pesca do pargo e a variabilidade climática marinha. O capítulo 2 é composto pelo draft do artigo científico intitulado "Análise da variabilidade climática marinha sobre a abundância relativa de *Lutjanus purpureus* (POEY, 1866) na Plataforma Continental Amazônica" elaborado segundo as normas da revista científica Fisheries research, do extrato A da CAPES. As normas de padronização dos trabalhos submetidos a este periódico encontram-se no anexo 1.

## 8. REFERÊNCIAS

Allen, G. R. Snappers of the world. An annotated and illustrated catalogue of lutjanid species known to date Vol 6. FAO, Rome, 208 pp. 1985.

Almeida, N. U. M. Estudos preliminares sobre a primeira maturação sexual, época de desova e "sex-ratio" do pargo (*Lutjanus aya*) na costa Nordeste do Brasil. Boletim Instituto de Pesca 5(1): 147-158. 1963.

Barry, R. G.; Chorley, R. J. Atmosfera, tempo e clima. Tradução: Ronaldo Cataldo Costa; Revisão técnica: Francisco Eliseu Aquino. - 9. ed. - Dados eletrônicos - Porto Alegre: Bookman Editora. 2013.

Bentes, B. S.; Aragão, J. A. N.; Freire, J. L.; Lutz, I. A. F.; Sarmiento, G. C.; Gomes, T. Documento técnico sobre a situação atual das pescarias do pargo na região Norte do Brasil. Fishery Progress. Universidade Federal do Pará. 2017.

Bloch, M. E.; Schneider, J. G. Systema Ichthyologiae iconibus cx illustratum [Post obitum]. Museum of ed. Berolini: Museum of comparative zoology, 1801.

Brasil. Superintendência do Desenvolvimento da Pesca. SUDEPE. Portaria nº 009 de 22 de março de 1979. Diário Oficial da União de 28.03.1979.

Brasil. Superintendência do Desenvolvimento da Pesca. SUDEPE. Portaria nº 28 de 27 de outubro de 1981. Diário Oficial da União de 27.10.81.

Brasil. Superintendência do Desenvolvimento da Pesca. SUDEPE. Portaria nº 10 de 09 de abril de 1984. Diário Oficial da União de 09.04.84.

Brasil. Ministério da Pesca e Aquicultura/Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União. Seção 1 (136): 186. Brasília, DF. 2004.

Brasil. Ministério da Pesca e Aquicultura/Ministério do Meio Ambiente. MPA/MMA. Diário Oficial da União de 13.06.2011. Seção 1, p. 50. 2011.

Brasil. Ministério da Pesca e Aquicultura/Ministério do Meio Ambiente. MPA/MMA. Instrução Normativa Interministerial Nº 08, de 08 de junho de 2012.

Brasil. Portaria do Ministério do Meio Ambiente nº 445, de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial da União. Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção. Seção 1 (245): 110-130. Brasília, DF. 2014.

Brasil. Portaria Interministerial nº 42, de 27 de julho de 2018. Diário Oficial da União. Define regras para o uso sustentável e a recuperação dos estoques da espécie *Lutjanus purpureus* (pargo). Seção 1 (145): 5. Brasília, DF. 2018.

Borror, D. J. Dictionary of words roots and combining forms. 2a ed. Mountain View: Mayfield publishing company, 1988.

Caviedes, C. N. El Niño in History – Storming Through the Ages. University Press of Florida. 279 pp. 2001.

Cervigón, F.; Cipriani, R.; Fischer, W.; Garibaldi, L.; Hendrickx, M.; Lemus, A. J.; Márquez, R.; Poutiers, J. M.; Robaina, G.; Rodriguez, B. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. FAO, Rome, 513p. 1992.



- Chaves, R. R.; Araujo, M.; Spínola, M. A. Influence of oceanic-atmospheric conditions on pelagic fishery resources in Northeastern Brazil. *Journal of Coastal Research*, 85(sp1), 1299-1303. 2018.
- Chen, C. H.; Kuo, N. J. The relationship between El Niño-Southern Oscillation events and Taiwan's catch of tuna in the western Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography*, 16(1), 73-82. 2007.
- Coelho, A. L. S. Eventos hidroclimáticos extremos nas cabeceiras do Rio Paraíba do Sul, São Paulo. Dissertação (mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro, 72 f. 2019.
- Costa, G. F.; Holanda, F. C. A. F.; Furtado-Jr, I.; Silva, J. A. A tecnologia de pesca industrial do pargo, *Lutjanus purpureus*, da frota do município de Bragança-Pará-Brasil. *Boletim Técnico Científico do CEPNOR*, 17 (1): 21-27. 2017.
- Dias-Neto, J.; Dias, J. F. O. O uso da biodiversidade aquática no Brasil: uma avaliação com foco na pesca. Brasília: Ibama, 288 p. 2015.
- FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. 2020.
- Ferreira, N. J.; Sanches, M.; Dias, M. A. F. Composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em Períodos de El Niño e La Niña. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 19, n.1, p. 89-98. 2004.
- Fonteles-Filho, A. A. Estudo sobre a Biologia da pesca do Pargo *Lutjanus purpureus* Poey, no Nordeste Brasileiro -dados de 1969. *Arquivos de Ciências do Mar*, 10: 73-78. 1970.
- Fonteles-Filho, A. A. Síntese sobre o pargo, (*Lutjanus purpureus*) Em: A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: levantamento de dados e avaliação crítica. Haimovici, M. (Org.) Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 249-255. 2007.
- Freire, J. L. Pesca, reprodução e crescimento de *Lutjanus purpureus* (lutjanidae – perciformes) no Recife Amazônico. Tese (doutorado) – Programa de Pós-graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Núcleo de Ecologia Aquática e Pesca da Amazônia, Universidade Federal do Pará, Belém. 2019.
- Furtado-Ogawa, E.; Menezes, M. F. Alimentação do pargo *Lutjanus purpureus* Poey, no Nordeste brasileiro. *Arquivos de Ciências do Mar* 12(2): 105-108. 1972.
- Gigliotti, E. S.; Gherardi, D. F. M.; Paes, E. T.; Souza, R. B.; Katsuragawa, M. Spatial analysis of egg distribution and geographic changes in the spawning habitat of the

Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. *Journal of Fish Biology*, v. 77, p. 2248–2267. 2010.

Goni, G. J.; Trinanes, J. A.; Kim, S. Climate variability and ocean processes affecting fisheries: an overview. In *Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture* (pp. 21-41). John Wiley & Sons, Ltd. 2017.

Grimm, A. M. The El Niño impact on summer monsoon in Brazil: Regional processes versus remote influences. *J. Climate*, v. 16, p. 263-280. 2003.

Horel, J. D.; Wallace, J. M. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 109(4), 813-829. 1981.

Huang, B.; Schopf, P. S.; Shukla, J. Intrinsic Ocean–Atmosphere Variability of the Tropical Atlantic Ocean. *Journal of Climate*, v 17. 2004.

Hulme, M.; Dessai, S.; Lorenzoni, I.; Nelson, D. R. Unstable climates: Exploring the statistical and social constructions of ‘normal’ climate. *Geoforum*, V. 40, p. 197–206, 2009.

IPCC. Summary for policymakers. In *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* pp. 1-32. 2019.

IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. 2021.

Isaac, V. J. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros do litoral amazônico: um desafio para o futuro. *Cienc Cult* 58:33–36. 2006.

Ivo, C. T. C.; Hanson, A. J. Aspectos da biologia e dinâmica populacional do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, no Norte e Nordeste do Brasil. *Arq. de Ciências do Mar* 22 (1/2): 1-14. 1982.

Ivo, C. T. C.; Sousa, M. J. B. Sinopse de informações sobre o pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, no Norte e Nordeste do Brasil. *Arquivos de Ciência do Mar* 27: 57-67. 1988.

Katzav, J.; Parker, W. S. The future of climate modeling. *Climatic Change*, October, 132(4), pp. 475-487. 2015.

Kayano, M. T.; Andreoli, R. V.; Souza, R. D.; Garcia, S. R.; Calheiros, A. J. El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. *Revista Climanalise. Edição Comemorativa de*, v. 30, p. 7-12. 2016.

- Lau, W. K. M.; Wu, H. T. Principal modes of rainfall-SST variability of the Asian summer monsoon: a reassessment of the monsoon-ENSO relationship. *Journal of Climate*, 14(12), 2881-2895. 2001.
- Lessa, R. P.; Nóbrega, M. F. Guia de identificação de peixes marinhos da região Nordeste. Programa REVIZEE, Recife, Pernambuco, 138 pp. 2000.
- Lorenzetti, J. A. Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto. 1ª. ed. SP: Bulcher, 293 p. 2015.
- Lucena, D. B.; Gomes-Filho, M. F.; Servain, J. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.26, n.2, 297-312. 2011.
- Marcgrave, G. História das cousas naturais: Dos peixes do Brasil. In: História Natural do Brasil. Tradução ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, p. 142–181. 1648.
- Marcgrave, G.; Piso, W. *Historia Naturalis Brasiliae. In qua non tantum plantae et animalia, sed et indigenarum morbi, ingenia et mores describuntur et iconibus supra quingentas illustrantur.* [s.l.] Lugdun. Batavorum Franciscus Hackium et Amstelodami apud Lud. Elzevirium, 1648.
- Ministério do Meio Ambiente. Plano de Recuperação do Pargo (*Lutjanus purpureus*). Brasília, 2018.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Painel de Monitoramento e Ordenamento da pesca do Pargo *Lutjanus purpureus* – 2020. 2021
- Moura, A. D.; Shukla, J. On the Dynamics of Droughts in Northeast Brazil: Observations, Theory and Numerical Experiments with a General Circulation Model. *Journal of the Atmospheric Science*, v. 38, n. 12, p. 2653-2675. 1981.
- Muehe, D.; Garcez, D. S. A Plataforma Continental Brasileira e sua relação com a zona costeira e a pesca (the Brazilian continental shelf and its relation with the coastal zone and fishing). *Mercator*, Fortaleza, v. 4, n. 8, ISSN 1984-2201. 2008.
- Nittrouer, C. A. E.; Demaster D. J. The Amazon shelf setting: tropical, energetic, and influenced by a large river. *Continental Shelf Research*, v. 16, n. 5 – 6, p. 553 – 573, 1996.
- Nobre, P.; Shukla, J. Variations of Sea Surface Temperatures, wind Stress, and Rainfall over the Tropical Atlantic and South American. *Journal of Climate*, v. 9, n. 10, p. 2464-2479. 1996.
- Oliveira, G. S. O. El niño e você - o fenômeno climático. Transtec Editorial, São José dos Campos - SP. 115 pp. 1999.

- Oliveira, G. S. O El Niño e Você - o fenômeno climático. São José dos Campos: Editora Transtec. 2001.
- Oliveira, R. N. A variabilidade da chuva na Amazônia Central: El Niño e La Niña. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 117 pp. 2019.
- ONU. Organização das Nações Unidas. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. 2015.
- Paiva, M. P. Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil. UFC Edições, Fortaleza, Ceará, 286 pp. 1997.
- Pezzi, L.; Souza, R. B. Variabilidade de Mesoescala e Interação Oceano-Atmosfera no Atlântico Sudoeste. In: CAVALCANTI, I. F. DE ALBUQUERQUE, et al. Tempo e Clima no Brasil. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 385-904. 2009.
- Philander, S. G. H. El Niño, La Niña e a Oscilação do Sul. Academic Press, San Diego, CA, 289 pp, 1990.
- Pinheiro, M. A. A.; Duarte, L. F. A.; Toledo, T. R.; Adam, M. L.; Torres, R. A. Habitat monitoring and genotoxicity in *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucididae), as tools to manage a mangrove reserve in southeastern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment* 185:8273–8285. 2013.
- Quintero, J. E.; Mendoza, A. M. Relationship between the variability of the Zonal Wind Stress and the Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Catch in the Central Pacific Ocean. *Journal of Coastal Research*, 75(sp1), 1453-1457. 2016.
- Ramesh, K. J.; Tiwari, Y. K.; Kumar, S.; Singh, O. P. Inter-annual variation in the position of the Intertropical Convergence Zone over the Indian Ocean during boreal summer. *Atmospheric Research*, 219, 172-184. 2019.
- Resende, S. M.; Ferreira, B. P.; Fredou, T. A pesca de lutjanídeos no Nordeste do Brasil: histórico das pescarias, características das espécies e relevância para o manejo. *Boletim Técnico Científico CEPENE* 11: 257-270. 2008.
- Rivas, L. R. Review of the *Lutjanus campechanus* complex of red snappers. *Quarterly Journal of the Florida Academy of Sciences* 29: 117-136. 1966.
- Sales, A. D.; Furtado-Júnior, I.; Holanda, F. C. A. F. Levantamento e caracterização da frota pesqueira na região de Bragança, estado do Pará - Litoral Amazônico, Brasil. in: Cordeiro, Carlos & Sampaio, Dioniso & Fonteles Holanda, Francisco Carlos Alberto. *Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos*. v. 2. 2021.
- Sampaio, G.; Dias, P. L. Evolução dos modelos climáticos e de previsão de tempo e clima. *Revista USP*, São Paulo, n. 103, p. 41-54. 2014.

Sarmiento, G. C. Bioecologia do pargo *Lutjanus purpureus* (Poey, 1875) comercialmente explotado na costa Norte do Brasil: aspectos gerais. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pará, Campus de Bragança, 90 pp. 2012.

Secretaria de Aquicultura e Pesca. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. MONITORAMENTO E ORDENAMENTO DA PESCA DO PARGO – 2021.

SISCOMEX. Sistema para consultas e extração de dados do comércio exterior brasileiro. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Banco de Dados. 2022.

Soares-Gomes, A.; Figueiredo, A. G. O ambiente marinho. in: *Biologia Marinha*. 2ª ed. cap 18. Ed. Interciência, p. 1-34. 2009.

Souza, R. F. C. Dinâmica populacional do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, 1875 (Pisces: Lutjanidae) na plataforma Norte do Brasil. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Pará, Campus de Castanhal, 81 pp. 2002.

Souza, R. F. C.; Ivo, C. T. C.; Souza, R. A. L. Aspectos da reprodução do pargo, *Lutjanus purpureus* (Poey, 1875), na costa Norte do Brasil. *Boletim Técnico Científico CEPNOR* 3(1): 107-121. 2003.

Soppa, M. A.; Souza, R. B.; Pezzi, L. P. Variabilidade das anomalias de temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico Sudoeste e sua relação com o fenômeno El Niño - Oscilação Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 26, n. 3, p. 347-363. 2011.

Sutcliffe, A.; Brito, A.; Sá, C.; Sousa, F.; Boutov, D.; Brotas, V. Observação da Terra: uso de imagens de temperatura da superfície do mar e cor do oceano para a monitorização de águas costeiras e oceânicas. (DGRM, Ed.) Lisboa, Portugal. 2016.

Szpilman, M. Peixes marinhos do brasil: guia prático de identificação. MAUAD Editora, Instituto ecológico, Aqualung. Rio de Janeiro, 288 pp. 2000.

Tokinaga, H.; Xie, S. P. Weakening of the equatorial Atlantic cold tongue over the past six decades. *Nature Geoscience*, 4(4), 222-226. 2011.

Trenberth, K. E. The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 78, p. 2771-2777. 1997.

Unterstell, N.; Yonaha, L. POLÍTICA POR INTEIRO, Histórico, Panorama e Análise das Políticas Públicas Federais. 140 p. 2021.

Wang, D.; Wang, A.; Xu, L.; Xianghui, K. The Linkage between Two Types of El Niño Events and Summer Streamflow over the Yellow and Yangtze River Basins. *Adv. Atmos. Sci.* 37, 160–172. 2020.

Wollmann, C. A.; Sartori, M. G. B. Sazonalidade dos episódios de enchentes ocorridos na bacia hidrográfica do Rio Caí – RS, e sua relação com a atuação do fenômeno El Niño, no período de 1982 a 2005. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.7, p.103:118. 2009.

Xie, S. P.; Deser, C.; Vecchi, G. A.; Ma, J.; Teng, H.; Wittenberg, A. T. Global warming pattern formation: Sea surface temperature and rainfall. *Journal of Climate*, 23(4), 966-986. 2010.

Zamboni, A. Auditoria da pesca: Brasil 2020 [livro eletrônico]: uma avaliação integrada da governança, da situação dos estoques e das pescarias / Ademilson Zamboni, Martin Dias, Lara Iwanicki. 1. ed. Brasília, DF: Oceana Brasil, 2020.

## CAPÍTULO II

### Análise da variabilidade climática marinha sobre a abundância relativa de *Lutjanus purpureus* (POEY, 1866) na Plataforma Continental Amazônica

Artigo científico elaborado segundo as normas da revista científica Fisheries Research  
(ISSN 0165-7836; ANEXO 2) do extrato A da CAPES.

## **Análise da variabilidade climática marinha sobre a abundância relativa de *Lutjanus purpureus* (POEY, 1866) na Plataforma Continental Amazônica**

Diego Gomes Trindade<sup>1,3</sup>, Nelson de Almeida Gouveia<sup>2</sup>, Niedja Luana da Costa Mescouto<sup>1,3</sup>,  
Hanna Tereza Garcia de Sousa Moura<sup>1,4</sup>, Bianca Bentes<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará – Núcleo de Ecologia Aquática e Pesca da Amazônia (Avenida Perimetral 2651 - Terra Firme - Belém - 66077-530 - PA - Brazil)

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural da Amazônia

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca

<sup>4</sup> Programa de Pós-Graduação em Biologia Ambiental

### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos da variabilidade climática e marinha sobre as capturas de pargo, *Lutjanus purpureus*, em três setores da Plataforma Continental Amazônica. Para isso, dados de sensoriamento remoto foram confrontados com os registros de captura (CPUE) entre os anos de 1997 a 2007 e analisados quanto a influência parcial obtida por meio Modelo Aditivo Generalizado. Adicionalmente as variáveis significativas foram analisadas via Espectro cruzado de ondeletas e identificados os períodos de maior correlação entre os dados no espaço e no tempo. Os resultados obtidos indicaram uma alta coerência entre a CPUE e as variáveis ambientais na escala interanual, podendo indicar que a pesca do pargo é influenciada principalmente pelos efeitos sazonais das variáveis oceanográficas. Estes resultados sugerem que as flutuações nas capturas de pargo no período de 1997 a 2007 podem ser o resultado dos processos naturais que ocorrem na PCA a cada ano em sinergia com as variáveis ambientais que também são afetadas pelo padrão do ENOS de uma forma mais indireta.

**Palavras-chave:** Desembarque pesqueiro; SDO 14; Pescaria artesanal de larga escala; ENOS.

### **ABSTRACT**

The aim of this study was to analyze the effects of climate and marine variability on the catches of *Lutjanus purpureus* in three sectors of the Amazon Continental Shelf. For



this, remote sensing data were compared with catch records (CPUE) between 1997 and 2007 and analyzed for partial influence obtained through the Generalized Additive Model. Additionally, significant variables were analyzed through Wavelet Cross-Spectrum, and periods of high correlation between data in space and time were identified. The results indicated a high coherence between CPUE and environmental variables on an interannual scale, suggesting that pargo fishing is mainly influenced by the seasonal effects of oceanographic variables. These results suggest that fluctuations in pargo catches between 1997 and 2007 may be the result of natural processes that occur in the Amazon Continental Shelf every year in synergy with environmental variables, which are also indirectly affected by the ENOS pattern.

**Keywords:** Fishing landing; SDO 14; Large scale artisanal fishing; ENSO.

## 1. INTRODUÇÃO

Oscilações nas capturas de peixes economicamente importantes respondem à efeitos ambientais e bioecológicos (Pepin et al. 2022). Entretanto, para os estoques da costa Norte brasileira, cuja complexidade de fatores configura um ambiente altamente produtivo (Isaac e Ferrari, 2017), ainda são pouco conhecidos os efeitos diretos ou indiretos causados por fatores climáticos e ambientais, limitando projeções de produção pesqueira de longo prazo. Dentre as principais espécies marinhas capturadas na região Norte, destacam-se a pescada amarela *Cynoscion acoupa* (Lacepède, 1801), corvina *Cynoscion virescens* (Cuvier, 1830), pescada gó *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider, 1801), serra *Scomberomorus brasiliensis* (Collete, Russo e Zavala-Camin, 1978), guriyuba *Sciades parkeri* (Traill, 1832) e a espécie alvo deste estudo, o pargo *Lutjanus purpureus* (Poey, 1866) (Camargo e Isaac, 2008; Brasil, 2012; Sales et al. 2021).

O pargo é um teleósteo marinho de hábito demersal, representante da ordem Perciformes e da família Lutjanidae, conhecido globalmente como *Southern red snapper*, *Vivaneau rouge* ou *Pargo colorado* (Rivas, 1966; Allen, 1985). No Brasil, a pesca direcionada teve início por volta dos anos 60 nos bancos oceânicos e na Plataforma Continental da região Nordeste, migrando posteriormente para a Plataforma Continental Amazônica, devido ao colapso dos estoques naquela região (Ivo e Sousa, 1988; Paiva, 1997; Fonteles-Filho, 2007).

Atualmente, a frota pargueira brasileira é sediada quase que em sua totalidade no município de Bragança (litoral nordeste amazônico), incluindo embarcações com comprimento total variando de nove a 15 metros, casco de madeira, potência do motor de 40 a 360 HP, capacidade de estocagem de cinco a 40 toneladas, 8 a 12 tripulantes e autonomia de até 30 dias de mar. Essas embarcações são equipadas com GPS, ecossonda, bússola e dispositivos de comunicação via rádio, podendo adotar três técnicas de captura: a linha pargueira, içada com auxílio de um guincho manual chamado de “bicicleta”; o covo ou manzuá (armadilha); e os caícos, pequenas embarcações que abastecem a embarcação principal e adotam a linha pargueira sem o uso da “bicicleta” (Souza et al. 2003; Bentes et al. 2017; Costa et al. 2017).

Não são conhecidos na literatura, estudos que contemplem as variações espaciais e temporais das capturas de pargo no litoral Amazônico. Entretanto, sabe-se que as forçantes climáticas influenciam diretamente na produção pesqueira (Planque et al. 2007; Hsu et al. 2012; Fernandes et al. 2017). Fatores como temperatura da água, salinidade, correntes oceânicas, concentração de chlorofila-a, precipitação estão intimamente ligados com a distribuição das espécies, migração e atividade de forrageamento levando a diminuição da produção natural. Quando a produção natural diminui, os pescadores podem aumentar o esforço de pesca na área afetada para manter suas capturas, o que pode levar a uma sobrepesca e diminuição ainda maior da produção natural (Pauly et al. 1998; Sumaila et al. 2011).

Notadamente, o pargo é fortemente pressionado pelas demandas de mercado, cujos espécimes juvenis são os mais valorizados e, além disso, as estatísticas de captura têm registro descontínuo, o que limita em muito, a construção de cenários que possam projetar as capturas futuras (Bentes et al. 2017; Freire et al. 2021). A falta de dados também pode dificultar a avaliação da efetividade das medidas de manejo implementadas e a adaptação dessas medidas às mudanças nas condições ambientais e econômicas (Branch e Hilborn, 2011; Grafton et al. 2021).

Diante das mudanças ambientais que têm sido alvo de vários estudos mundiais (Gloor et al. 2015; Clarke et al. 2022) e ainda da carência de modelos que possam elucidar a produção pesqueira em escalas maiores do território, os impactos gerados pela pesca associada (ou não) aos efeitos ambientais, ainda são desconhecidos e quando acontecem, impactam bruscamente os sistemas pesqueiros e toda a cadeia

de valor adjacente. Estes efeitos, se pudessem ser previstos, serviriam de aporte para estratégias mais eficientes de políticas públicas e da própria gestão pesqueira.

Neste sentido, em 2015, a Assembleia Geral das Nações Unidas aprovou a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável mundial, e estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que devem ser alcançados por todos os países até 2030. O Objetivo 14 refere-se à 'Vida na Água', objetivando a conservação e a promoção do uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos. Inserido nesta discussão, a pesca comercial do pargo representa uma importante atividade econômica para um grande contingente de pessoas, principalmente da região costeira paraense onde sua frota está sediada. A quantidade média de recursos econômicos gerados anualmente pelas exportações dessa espécie, entre 2012 e 2019, é superior a US \$20 milhões, com quase US \$30 milhões nos últimos dois anos. Entretanto, os últimos dados estatísticos de desembarque dessa espécie não condizem com o valor exportado, evidenciando uma subnotificação dessa pescaria (Freire, 2019; SAP, 2021; Siscomex, 2022).

A situação atual da pesca do pargo é preocupante, visto que a indisponibilidade de séries históricas com informações sobre produção e esforço total de pesca correspondente, comprometem significativamente a gestão pesqueira (Isaac et al. 2006). O entendimento de um recurso pesqueiro dentro de um contexto ambiental deve estar pautado nas estratégias bioecológicas de sobrevivência dos estoques frente às variações espaço temporais. Assim, ao considerar a variabilidade e as mudanças climáticas, a abordagem ecológica adotada para compreender a pesca deve considerar as escalas meso a macroespaciais, a julgar que os efeitos climáticos também atuam uns sobre os outros (Castello et al. 2015). Isto é primordial se o nosso objetivo for fortalecer as políticas públicas de conservação e melhorar a gestão dos recursos pesqueiros na região sob influência do rio Amazonas (Jongman et al. 1995; Pinaya, et al. 2016).

Assim, não existem projeções de captura embasadas em algum grau de relação com a variabilidade climática, que seria um primeiro passo para se entender como os efeitos ambientais associados à pressão pesqueira poderiam comprometer ainda mais a continuidade da atividade de pesca. Neste sentido, este trabalho vem preencher uma primeira lacuna que é estudar a variabilidade climática e marinha na

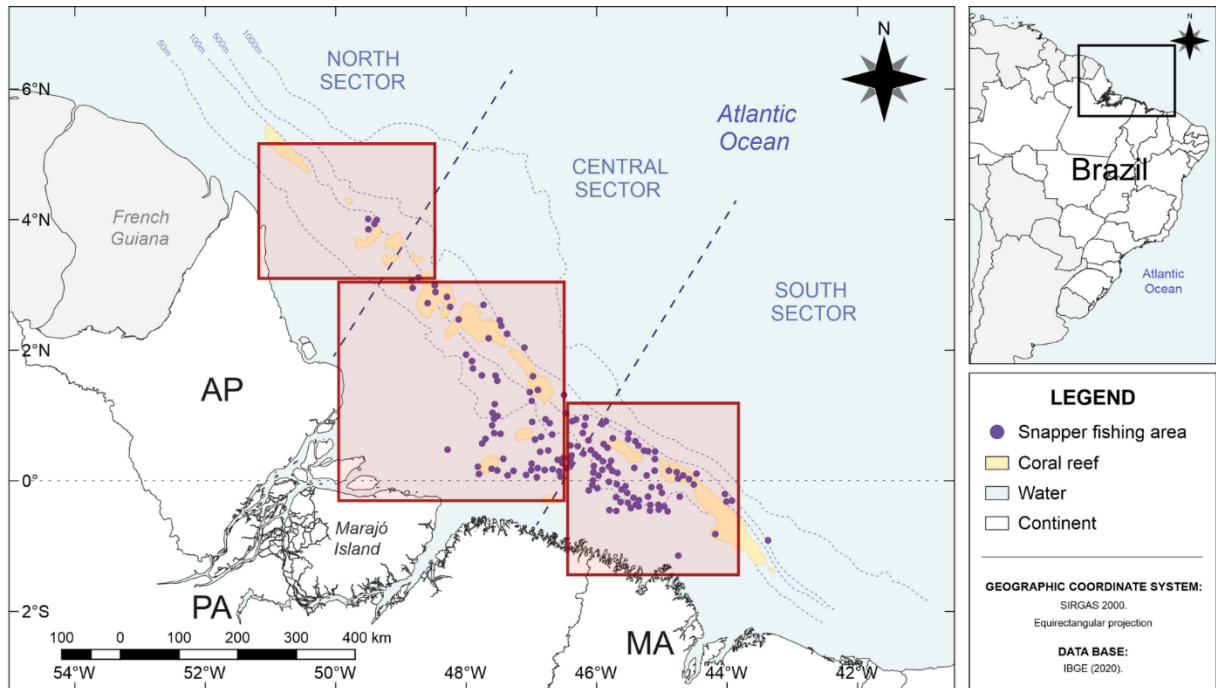
Plataforma Continental Amazônica e os efeitos advindos sobre os desembarques pesqueiros de *L. purpureus*.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

Este estudo se concentrou na Plataforma Continental Amazônica (PCA), onde atua a frota pargueira (Figura 1), desde o Cabo Orange no Amapá (51° W) até a Baía de São Marcos no Maranhão (46° W), e está dividida em duas bacias sedimentares, a do Delta do Amazonas e a bacia do Pará-Maranhão. Esta última, dominada por depósitos sedimentares de areia e cascalho (Mohriak, 2003). Em contraste, os substratos da bacia do delta do Amazonas são dominados por areia, silte e argila derivados, principalmente, da carga de sedimentos do rio Amazonas (Silva et al. 2009; Gualberto e El-Robrini, 2015).

Essa região é influenciada pela Corrente Norte do Brasil (Corrente das Guianas), que flui ao longo da quebra da Plataforma Continental Norte, promovendo o transporte de calor na superfície do mar (TSM) que influencia na biologia de espécies, não somente as de interesse pesqueiro (Geyer et al. 1996; Castro e Miranda, 1998). As condições meteorológicas e oceanográficas são bastante peculiares quando comparadas a outras regiões costeiras do país, apresentando, entre outros, elevada precipitação anual (até 3.300 mm), temperaturas superiores a 20°C, baixa variação térmica anual, ampla plataforma continental (~330 km), regime de macromarés, descarga de dezenas de rios, principalmente, do rio Amazonas que corresponde à cerca de 16% do total de água doce descarregada nos oceanos (Kuehl, 1986; Johns et al. 1990; Pereira et al. 2009).



**Figura 1.** Área de atuação da pesca comercial do pargo *Lutjanus purpureus* e os recifes de corais da Amazônia. Fonte: adaptado de Moura *et al.* (2016). As áreas indicadas nos quadrados vermelhos referem-se as três subáreas estudadas: Setor Sul (próximo ao estado do Maranhão), Setor Central (foz do Amazonas) e Setor Norte (próximo ao Cabo Orange).

Recentemente, a ocorrência de uma extensa área de recife de coral foi devidamente registrada e mapeada nessa área (~56.000 km<sup>2</sup>) (Moura *et al.* 2016). Este ecossistema apresenta características peculiares devido às características complexas do ambiente, o que pode determinar a presença de espécies endêmicas (Francini-filho *et al.* 2018; Brito *et al.* 2020). Sobre os recifes de coral da Amazônia, ocorrem pescarias comerciais de várias espécies, especialmente de lagostas e pargo (Moura *et al.* 2016; Francini-filho *et al.* 2018; Omachi *et al.* 2019) cujos impactos ainda são pouco conhecidos e estudados.

### 3. COLETA DE DADOS

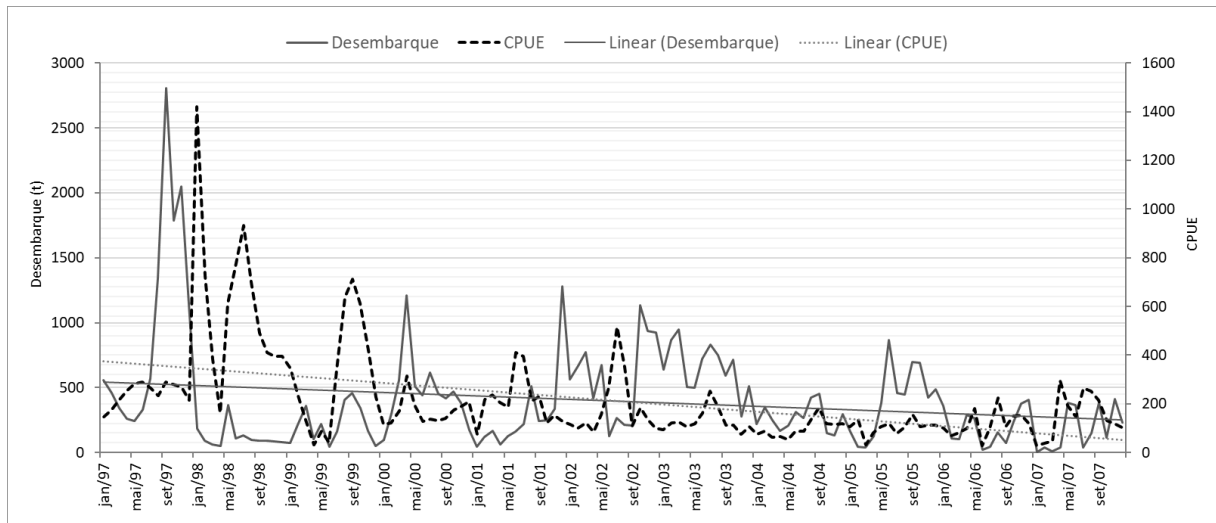
#### 3.1. Desembarque e esforço

Foram analisados dados mensais entre os anos de 1997 e 2007 da pesca do pargo, provenientes do Programa de Estatística Pesqueira (ESTATPESCA), que coletou ao longo de 10 anos (1997 a 2007) dados de captura de espécies em pelo menos 20 portos pesqueiros do Estado do Pará e cujo banco de dados foi cedido pelo

CEPNOR/ICMBIO. Cada linha do banco de dados correspondeu a um (1) desembarque pesqueiro, de modo que a unidade amostral utilizada foram as que reportavam capturas expressivas de pargo (>70% do volume total capturado) com embarcações maiores de 12m e espinhéis (ou linhas pargueiras) ou armadilhas (covos) (Freire, 2019; Freire et al. 2022).

A partir da observação dos dados, optou-se pelo uso da CPUE como variável dependente e indicador da abundância relativa da espécie ao longo do período conforme recomenda Thorson et al. (2020) e Grüss et al. (2019). Os dados foram filtrados e extraídos e, para o cálculo da CPUE, utilizou-se a razão entre o desembarque total de pargo (CATCH) pelo número de dias de mar (DM) como unidade de esforço, a julgar que, dependendo da arte utilizada nos sistemas pesqueiros do pargo identificados (linha ou armadilha; Freire, 2019), os dias de mar foram os de melhor precisão que as demais unidades de esforço testadas, como recomenda Petrere et al. (2010). Os dias de mar foram contabilizados levando em consideração o dia de partida das embarcações até o dia do seu retorno (Figura 2).

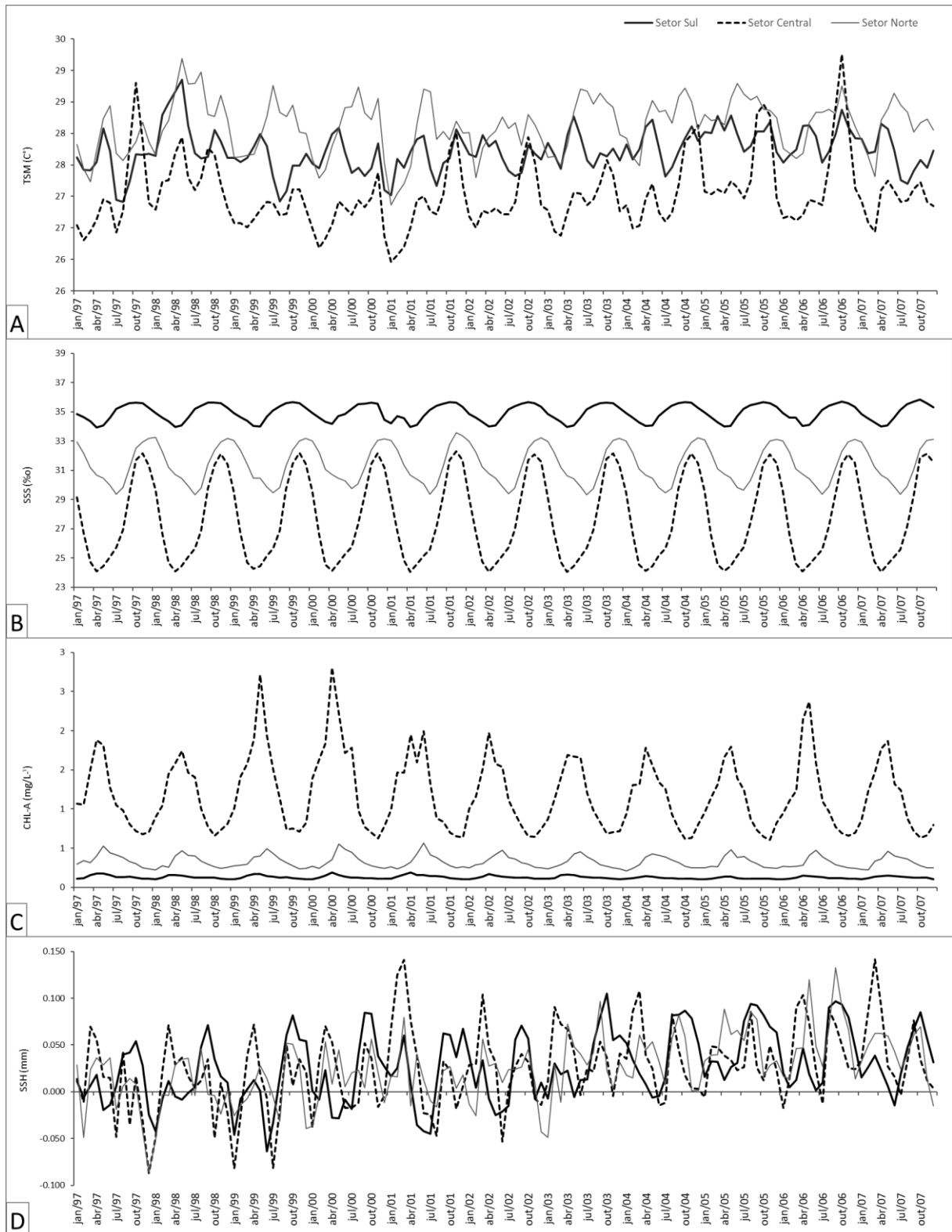
Para efeitos comparativos e de projeções futuras, optou-se pela realização de todas as análises considerando os três setores apresentados na Figura 1, uma vez que é a área de atuação da frota sob diferentes formas de esforço. Mesmo que os dados de CPUE não tenham sido obtidos por setor de pesca, admite-se que variabilidades de captura ocorram tendo em vista a variabilidade espaço temporal das variáveis aqui testadas e apresentadas. De modo geral, observou-se uma tendência de declínio das capturas e na CPUE ao longo da série temporal analisada (Figura 2).



**Figura 2.** Valores mensais de captura por unidade de esforço (CPUE) da pesca do pargo para o período de janeiro de 1997 a dezembro de 2007. A linha cinza contínua representa o desembarque e a pontilhada a CPUE.

### 3.2. Dados oceanográficos

Os dados de temperatura da superfície do mar (SST), salinidade superficial (SSS), altura da superfície do mar (SSH) e concentração de Chlorofila-a (CHLA), foram derivados da reanálise GLORYS, produzida e disponibilizada pela CMEMS (Copernicus Marine and Environmental Monitoring Service) na resolução temporal mensal e espacial de 9 km (disponível em: <http://www.marine.copernicus.eu>). A série temporal de dados apresenta oscilações mensais como demonstrado na Figura 3.



**Figura 3.** Valores mensais (1997 a 2007) das variáveis meteoceanográficas para as áreas de pesca (Sul, Central e Norte – ver detalhamento das áreas na figura 1) do pargo - *Lutjanus purpureus* - na Plataforma Continental Amazônica. A) Temperatura

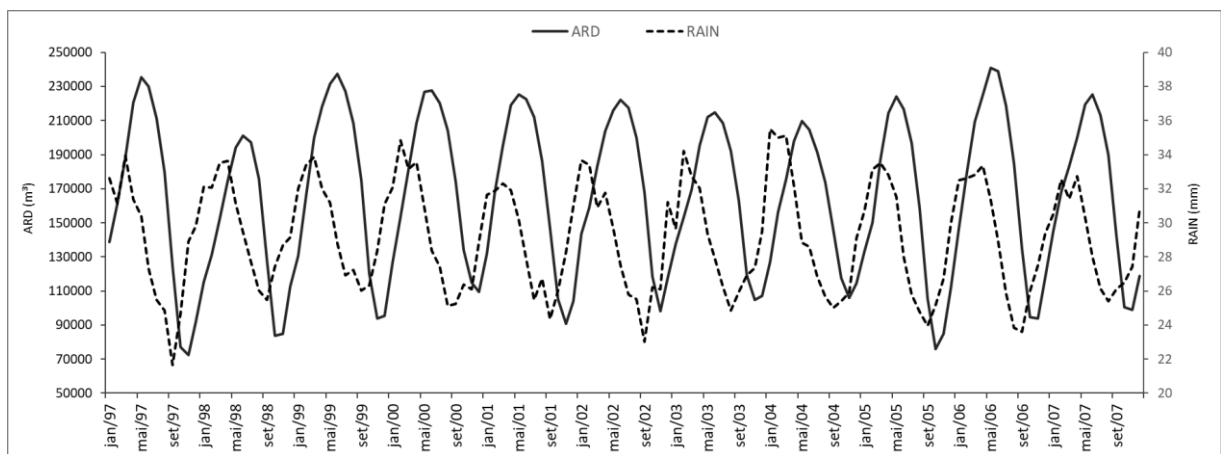


da superfície do mar (SST); B) Salinidade superficial (SSS); C) Concentração de chlorofila-a (CHLA); D) Altura da superfície do mar (SSH).

### 3.3. Dados hidrológicos

Dados referentes ao ciclo hidrológico foram obtidos por meio da plataforma HIDROWEB v3.2.6. Esta ferramenta foi desenvolvida pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e oferece o acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) da Agência Nacional de Águas (ANA), reunindo dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos. Para este estudo, foram usados os dados mínimos, médios e de máximas vazões e pluviosidades provenientes da estação fluviométrica de Óbidos, por ser uma boa indicadora da influência da hidrologia Amazônica sobre a porção oeste do oceano tropical Norte, além de ser a mais próxima da área de estudo disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>.

A descarga do Rio Amazonas apresenta oscilações sazonais, associada ao volume de chuvas nas cabeceiras dos rios (Latrubesse et al. 2010; Yamazaki et al. 2012; Figura 4).



**Figura 4.** Valores mensais (1997 a 2007) de Descarga do Rio Amazonas (ARD - linha contínua) e Pluviosidade (RAIN - linha pontilhada) referentes à estação fluviométrica do município de Óbidos, estado do Pará, Brasil.

### **3.4. Índices climáticos**

Os índices climáticos utilizados nesta pesquisa foram considerados pela interferência/projeção nas áreas de pesca do pargo da PCA e foram obtidos por meio do banco de dados NCEP/NCAR Reanalysis Project (*National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research*) N/N Reanalysis (Ebisuzaki et al. 1998) e Reanalysis 2 (Kanamitsu et al. 2002) e disponibilizados pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Os índices aqui utilizados (ANEXO 2) são derivados de anomalias de temperatura da superfície do mar utilizando regiões do Pacífico Equatorial e do Atlântico Tropical.

#### **a) Anomalia de TSM da região Niño 1.2 (NIN12)**

No oceano Pacífico tropical, há quatro regiões definidas na literatura para monitorar a ocorrência de eventos El Niño (EN) e La Niña (LN), todos baseados em anomalias da SST calculadas em uma determinada região. Os índices EN1+2, 3, 3+4, 4 são usados para caracterizar a natureza única de cada evento de El Niño e La Niña. A região Niño 1 + 2 é a menor e mais oriental das regiões Niño SST, e corresponde à região costeira da América do Sul, onde El Niño foi reconhecido pela primeira vez pela população local. Este índice tende a ter a maior variabilidade dos índices Niño SST e é utilizado para determinar eventos de El Niño costeiro (Rasmusson e Carpenter, 1982; Souza e Reboita, 2021).

#### **b) Anomalia de TSM da região Niño 3.4 (NIN34)**

A região El Niño 3.4 é a área mais sensível ao monitoramento do ENOS (Trenberth, 1997; Souza e Reboita, 2021). O índice Niño 3.4 normalmente usa uma média contínua de 5 meses, e os eventos El Niño ou La Niña são definidos quando as TSMs do Niño 3.4 excedem +/- 0,4C por um período de seis meses ou mais (Trenberth e Stepaniak, 2001).

#### **c) Índice Multivariado de El Niño versão 2 (MEI.v2)**

O Multivariate ENSO Index (MEI) foi originalmente definido por Klaus Wolter inicialmente como Componente Principal não rotacionado de 6 variáveis de superfície observadas e combinadas sobre o Oceano Pacífico Equatorial. Posteriormente foi elaborada uma versão do MEI (MEI.v2) que utiliza 5 variáveis para produzir uma série

temporal de condições ENSO de 1979 até o presente. Esta nova versão do MEI utiliza a reanálise global de alta qualidade JRA-55 (Souza e Reboita, 2021).

O MEI, por integrar mais dados/indicadores (TSM, pressão ao nível do mar, vento na superfície do mar, temperatura do ar na superfície e cobertura de nuvens), reflete melhor a natureza do sistema acoplado à oceano-atmosfera. O MEI v2 é capaz de identificar e classificar os eventos de El Niño e La Niña em quatro categorias: fraco, moderado, forte e muito forte (Wolter e Timlin, 1998; NODC-NOAA, 2022).

#### ***d) Índice de El Niño Oceânico (ONI)***

O Oceanic Niño Index (ONI) é o principal indicador para o monitoramento de El Niño e La Niña. Considera que as condições do El Niño estão presentes quando o Índice Oceânico Niño é +0,5 ou superior, indicando que o Pacífico tropical centro-leste está significativamente mais quente que o normal. As condições de La Niña existem quando o Índice Oceânico de Niño é -0,5 ou inferior, indicando que a região está mais fria que o normal. O ONI rastreia as temperaturas médias da superfície do mar durante três meses no Pacífico tropical leste-central entre 120°-170° W, mesmo domínio do índice Niño 3.4 (Souza e Reboita, 2021).

#### ***e) Índice do Atlântico Norte Tropical (TNA)***

O índice de temperatura da superfície do mar do Atlântico Norte Tropical é um indicador das temperaturas na superficiais entre 5.5N a 23.5N e 15W a 57.5W. A anomalia é calculada em relação a um ciclo sazonal climatológico mensal. A climatologia mensal é interpolada linearmente e a média espacial da análise por grade foi ponderada por área de superfície. A incerteza do índice é estimada em 0,0465°C durante o período de 1982 até o presente e é baseada na estimativa de incerteza obtida a partir da análise objetiva de interpolação. Valores positivos indicam que a TSM é anormalmente quente no leste do oceano Atlântico Norte tropical e valores negativos indicam anomalia fria sobre essa região (Enfield et al. 1999; Reynolds et al. 2002; Souza e Reboita, 2021).

#### ***f) Índice do Atlântico Sul Tropical (TSA)***

O índice de temperatura da superfície do mar do Atlântico Sul Tropical é um indicador das temperaturas da superfície no Golfo da Guiné, ao leste tropical do

Oceano Atlântico Sul entre 30°W a 10°E e 20°S a 0°. Enfield et al. (1999) definiu o índice TSA utilizando os padrões dipolares através do Atlântico tropical, e encontraram uma periodicidade de 8 a 12 anos para a primavera-inverno e de 2 a 3 anos para a primavera-verão. O índice é calculado usando a análise Reynolds Olv2 SST, disponibilizada pela NOAA/ESRL, e é atualizado semanalmente e utilizando a mesma interpretação do TNA (Reynolds et al. 2002; Souza e Reboita, 2021).

**g) *Gradiente Inter-Hemisférico de TSM do Atlântico (GITA)***

O índice GITA serve para monitorar o posicionamento mais ao norte ou mais ao sul da Zona de Confluência Intertropical (ZCIT) e, conseqüentemente, associá-lo à variabilidade climática nas áreas consideradas. Esse índice baseia-se na diferença entre as anomalias da TSM do Atlântico Norte (2,5°N-17,5°N / 50°W-20°W) e do Atlântico Sul (17,5°S-2,5°S / 35°W-5°W). Sua fase negativa (águas quentes ao sul e frias ao norte) favorece a posição mais ao sul da (ZCIT). Em contraponto, na sua fase positiva (águas mais frias ao sul e quentes ao norte) favorece a posição mais ao norte da ZCIT (Souza et al. 2000).

**h) *Modo Meridional do Atlântico (AMM)***

O Modo Meridional Atlântico é definido como o principal modo de variabilidade oceânica/atmosférica não acoplada ao ENOS na bacia do Atlântico. Esse índice descreve a variabilidade meridional no Oceano Atlântico tropical e é definido através da aplicação da Análise de Covariância Máxima (MCA) à temperatura da superfície do mar e aos componentes zonais e meridionais do campo eólico de 10m sobre o período de 1950-2005, a partir da Reanálise do NCEP/NCAR. Para definir o padrão espacial, os dados são definidos sobre a região (21S-32N, 74W-15E), e espacialmente suavizados (Chiang e Vimont, 2004).

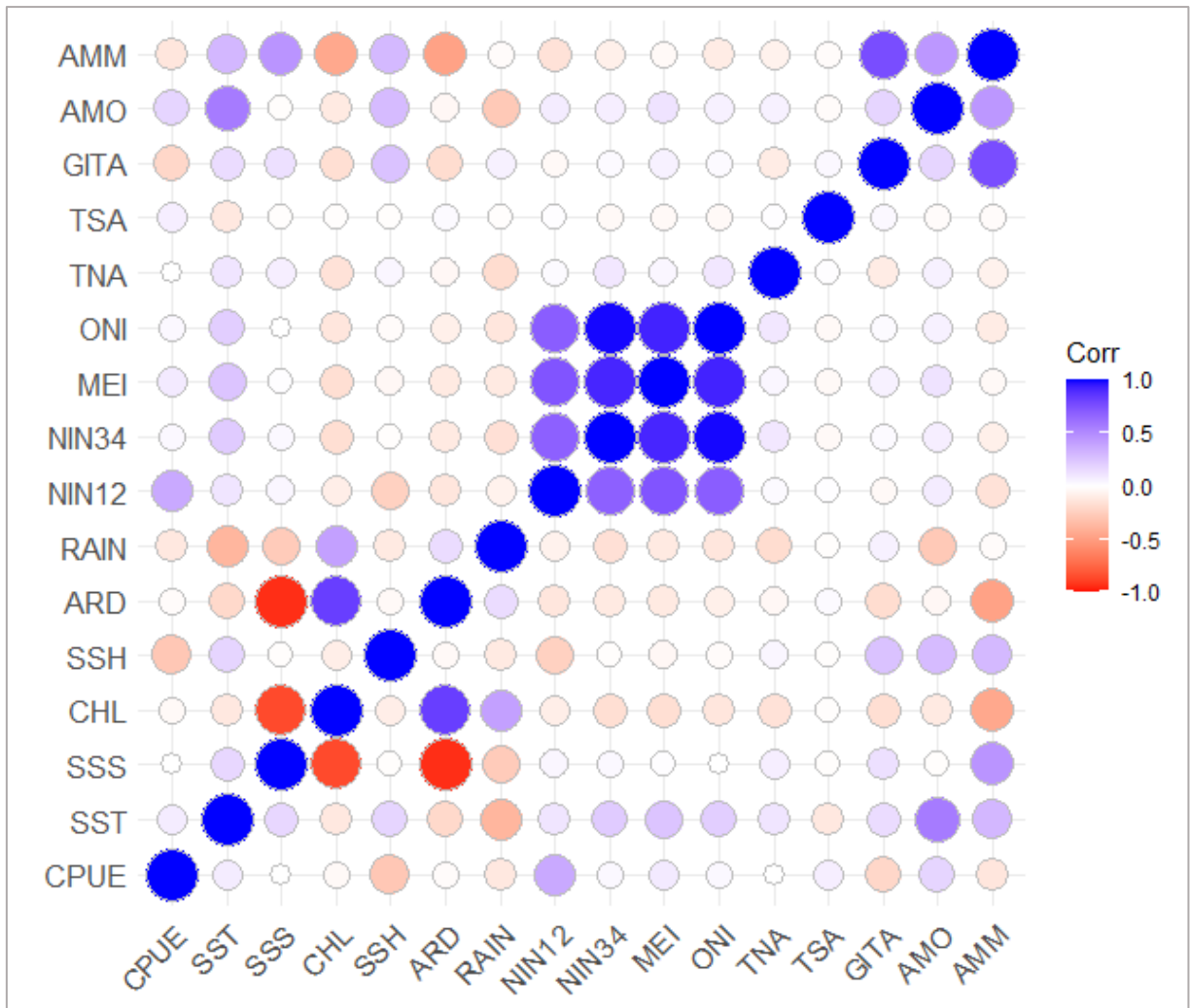
## **4. PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS**

### **4.1. Modelo Aditivo Generalizado (GAM)**

Primeiramente, a CPUE foi testada entre meses por meio de teste de medianas (Kruskal-Walis – H, com erro de 5%), uma vez que os dados não foram homogêneos nem normais. Com o propósito de evitar possíveis interferências de determinadas variáveis sobre as outras, os índices ambientais (climáticos, hidrológicos e meteoceanográficos) foram testados quanto a colinearidade ou multicolinearidade (correlação de Pearson). De acordo com Belsley et al. (1980), no caso de variáveis altamente correlacionadas devemos optar por apenas uma delas. Neste caso, optamos por manter todas as variáveis ambientais para tentativas de melhores ajustes do GAM, mesmo considerando colinearidade superior a 0,5 entre ONI e NIN34; MEI e NIN34; MEI e ONI; SSS e ARD e SSS e CHL (Figura 5).

Adicionalmente, foi inserida a variável tempo como forma de retirar o efeito da sazonalidade dos dados, uma vez que o “peso” atribuído a determinados meses representativos de períodos sazonais distintos, foram considerados cíclicos e assim, incluídos como variações normais de série temporal.

Assim como a CPUE, todas as variáveis ambientais foram testadas entre meses e setores por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Walis (com erro de 5%), uma vez que os dados não atenderam as premissas de ANOVA (normalidade e homocedasticidade).



**Figura 5.** Mapa de calor representando a correlação de *Pearson* entre CPUE, variáveis meteoceanográficas, hidrológicas e índices climáticos. Diferentes intensidades de cores azuis e vermelhas denotam a correlação mais positiva ou negativa.

A análise de GAM teve como preditor linear ou variável resposta a CPUE (kg/dias de mar<sup>-1</sup>) e, como explicativas as variáveis meteoceanográficas, hidrológicas e índices climáticos. O modelo escolhido para testar o feito das variáveis ambientais sobre a CPUE foi o Modelo Aditivo Linear e basicamente este tipo de análise assume que a variável resposta segue uma distribuição exponencial com média modelada em função de variáveis explicativas (McCullagh e Nelder, 1989). Os modelos escolhidos para cada setor basearam-se no menor valor (assumindo a simplicidade do modelo) do critério Informativo de Akaike (AIC) e R<sup>2</sup> (Burnham e Anderson, 2004; Doll e Jacquemin, 2019).

## 4.2. Espectro Cruzado de Ondeletas (ECO)

A transformada cruzada de ondeleta (ou TXO) de duas séries de tempo  $x_n$  e  $y_n$  é definida como  $W^{XY} = W^X W^{Y*}$ , onde  $*$  indica a complexa conjugada. O argumento complexo  $\arg(W^{XY})$  pode ser interpretado como a fase relativa local entre  $x_n$  e  $y_n$  no espaço tempo-frequência. A distribuição teórica da ondeleta cruzada de duas séries com um background espectral  $P_k^X$  e  $P_k^Y$  é mostrado em Torrence e Campo (1998) da seguinte forma:

$$D = \left( \frac{|W_N^X(s)W_N^{Y*}(s)|}{\sigma_x \sigma_y} < p \right) = \frac{Z_v(p)}{v} \sqrt{p_k^x p_k^y} \quad (1)$$

onde  $Z_v(p)$  é o nível de confiança associado com a probabilidade,  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  é o desvio padrão das séries temporais, e  $p$  é a função de probabilidade definida pela raiz quadrada do produto das duas distribuições  $X^2$  (Grinsted et al. 2004).

A ondeleta cruzada (ECO) revela áreas com alto poder (potência) comum e quão coerente a transformada de ondeleta cruzada é no espaço tempo-frequência. A ondeleta de coerência (CO) de duas séries temporais é definida como:

$$R_n^2(s) = \frac{|s(s^{-1}w_n^{xy}(s))|^2}{s(s^{-1}|w_n^x(s)|^2) \cdot s(s^{-1}|w_n^y(s)|^2)} \quad (2)$$

onde,  $S$  é um operador de alisamento no tempo e na frequência e depende do tipo da ondeleta-mãe usada. A definição da CO lembra um coeficiente de correlação tradicional e é interessante considerá-la como um coeficiente de correlação localizado no espaço tempo-frequência (Grinsted et al. 2004). Essa análise objetiva conhecer a coerência e a fase de cada correlação local das oscilações significativas registradas. Os vetores apontam para a direção e intensidade da relação entre as duas séries em diferentes frequências e são coloridos de acordo com o valor da correlação cruzada, o que indica o grau de associação entre as séries em cada frequência (Wood, 2011).

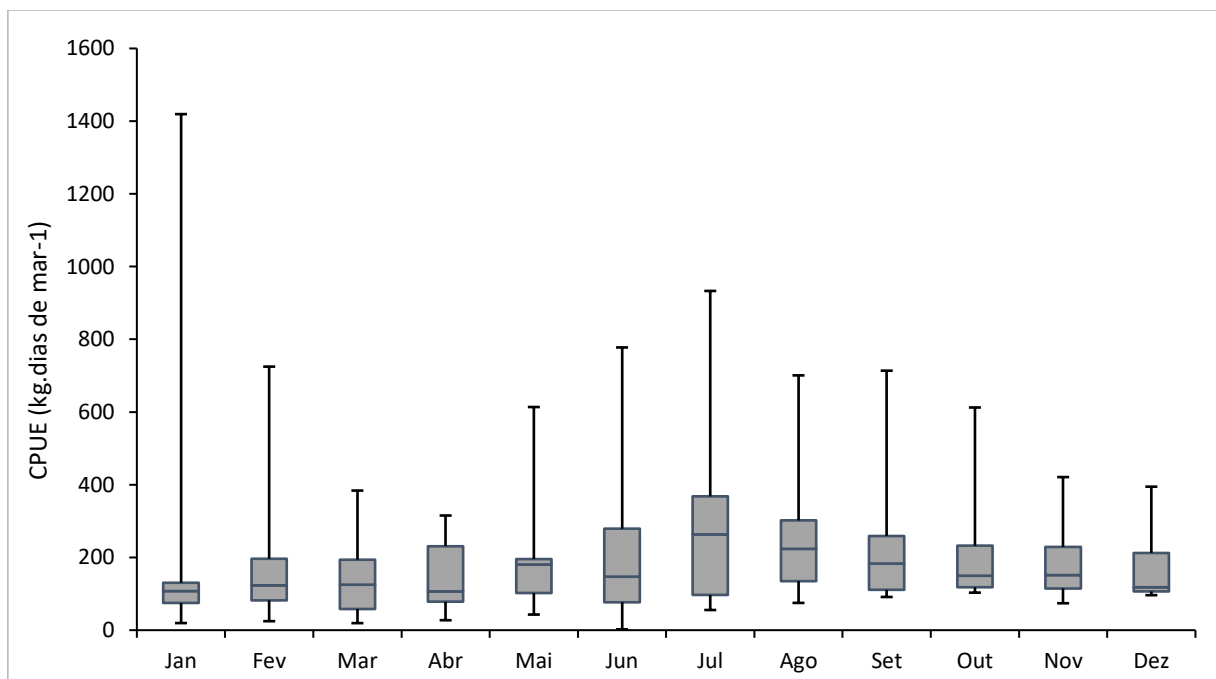
O banco de dados foi organizado em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel e as análises estatísticas foram realizadas no software R utilizando a interface RStudio versão 2022.12.0+353 for Windows (licenciado sob os termos da versão 3 da GNU – disponível em: <https://www.gnu.org/licenses/agpl-3.0.txt>). Foram utilizados os pacotes

“mgcv - Mixed GAM Computation Vehicle with Automatic Smoothness Estimation” versão 1.8-42 desenvolvido por Wood (2011) e “WaveletComp: Computational Wavelet Analysis” versão 1.1 desenvolvido por Rosch e Schmidbauer (2018).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Abundância relativa do pargo

No período de janeiro de 1997 a dezembro de 2007, a produção de pargo alcançou o maior desembarque em setembro de 97 com 280 toneladas e seguiu por um período de declínio até o final do ano de 1999. Outros picos de desembarque foram registrados em abril de 2000 (121 t.), dezembro de 2001 (128 t.), outubro de 2002 (113 t.) e junho de 2005 (86 t.). Em relação à CPUE, os maiores valores foram registrados em janeiro de 1998 (1419 kg.dias de  $\text{mar}^{-1}$ ), julho de 1998 (933 kg.dias de  $\text{mar}^{-1}$ ) e agosto de 1999 (658 kg.dias de  $\text{mar}^{-1}$ ). A pesca do pargo tem maior produção no terceiro trimestre do ano ( $H=197,4$ ;  $p<0,01$ ), em contrapartida, a menor produção ocorre no primeiro trimestre (Figura 6).



**Figura 6.** Variação mensal da mediana da CPUE (kg.dias de  $\text{mar}^{-1}$ ) dos desembarques do pargo, *Lutjanus purpureus*, na Plataforma Continental Amazônica durante o período de janeiro de 1997 a dezembro de 2007. A linha central representa a mediana da CPUE; o limite do box representa o primeiro e o terceiro quartil e a linha (*wiskhes*) os limites máximo e mínimo das observações.



## 5.2. Variáveis oceanográficas da Plataforma Continental Amazônica

Valores médios e desvio das variáveis meteoceanográficas estão apresentados na tabela 1. A TSM obteve média de  $27,6^{\circ}\text{C} \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ , sendo as menores temperaturas (medianas) no setor Central entre os meses de janeiro e março enquanto as maiores ocorreram no setor Norte entre junho e agosto ( $H=405,1$ ;  $p<0,001$ ). Em relação à salinidade da superfície do mar, os menores valores ocorreram no setor central, nos meses de março e abril, e os maiores valores no setor Sul entre setembro e novembro ( $H=468,7$ ;  $p<0,01$ ).

A concentração de chlorofila-a na área de estudo apresentou uma maior variação no setor Central ( $0,6$  a  $2,8$   $\text{mg/L}^{-1}$ ), entretanto nos setores Sul e Norte as concentrações mantiveram-se constantes entre  $0,1$  e  $0,3$   $\text{mg/L}^{-1}$  ( $H=351,1$ ;  $p<0,01$ ). A altura da superfície do mar entre os três setores apresentou em média valores positivos, entretanto, sem diferença entre os setores ( $H=0,021$ ;  $p>0,05$ ). A série temporal de SSH diferiu entre os meses ( $H=296,5$ ;  $p<0,001$ ), com picos em março a abril para o Setor Central e de setembro a outubro para o Setor Sul e Norte. Os mínimos valores foram observados entre os meses de dezembro a janeiro nos setores Central e Norte e de maio a junho no Setor Sul.

**Tabela 1.** Valores médios, mínimos, máximos e desvios padrão mensais das variáveis oceanográficas por setor na Plataforma Continental Amazônica no período de janeiro de 1997 a dezembro de 2007. SST = Temperatura da superfície do mar; SSS = Salinidade superficial; CHLA = Concentração de Chlorofila-a; SSH = Altura da superfície do mar.

ÁREA	VALOR	VARIÁVEL OCEANOGRÁFICA			
		SST	SSS	CHLA	SSH
Setor Sul	Min	26.9	33.9	0.10	-0.064
	Média $\pm$ sd	$27.7 \pm 0.3$	$34.9 \pm 0.6$	$0.13 \pm 0.02$	$0.027 \pm 0.036$
	Max	28.9	35.9	0.19	0.105
Setor Central	Min	26.0	24.0	0.61	-0.087
	Média $\pm$ sd	$27.0 \pm 0.5$	$27.6 \pm 2.9$	$1.19 \pm 0.47$	$0.025 \pm 0.042$
	Max	29.3	32.3	2.81	0.142
Setor Norte	Min	26.9	29.3	0.21	-0.086
	Média $\pm$ sd	$28.1 \pm 0.4$	$31.4 \pm 1.3$	$0.33 \pm 0.08$	$0.025 \pm 0.035$
	Max	29.2	33.6	0.57	0.133

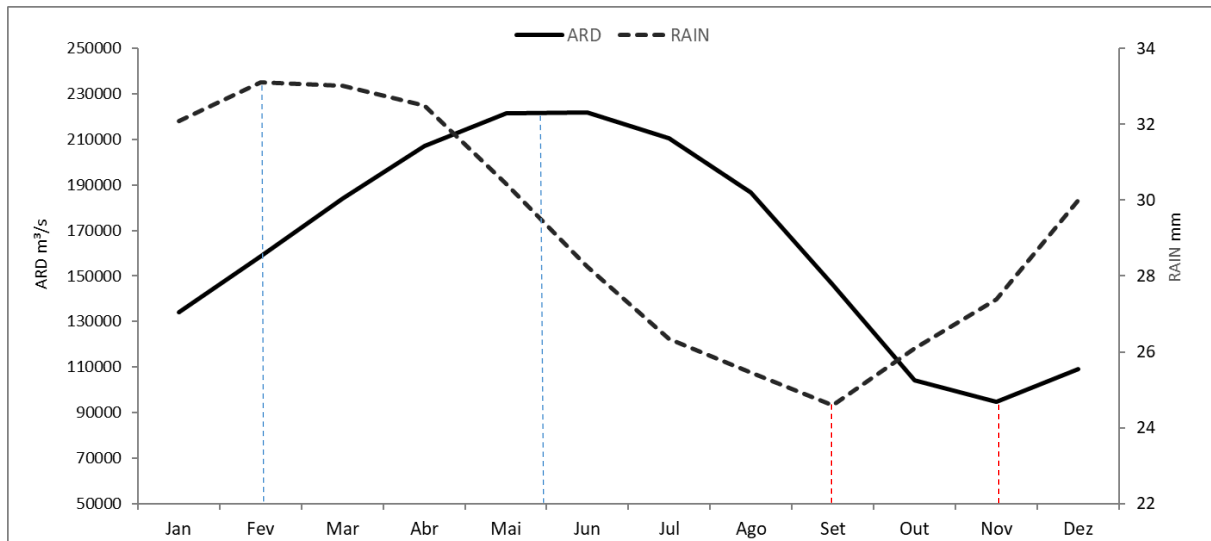
A tabela 2 apresenta os resultados das regressões lineares entre a CPUE e as variáveis oceanográficas. Embora apresentem baixos coeficientes de determinação, observou-se correlação negativa entre SSH e a CPUE nos três setores. Valores negativos indicam que a superfície do mar está mais baixa do que a média, enquanto valores positivos indicam que a superfície do mar está mais alta do que a média.

**Tabela 2.** Parâmetros da regressão linear entre CPUE e as variáveis oceanográficas da Plataforma Continental Amazônica.  $\alpha$  = coeficiente linear;  $\beta$  = coeficiente angular;  $R^2$  = coeficiente de regressão linear.

Variável	Setor	$\alpha$	$\beta$	$R^2$
SST x CPUE	Sul	1612.9	-50.445	0.0074
	Central	-216.54	15.932	0.002
	Norte	-2340.5	90.87	0.0402
SSS x CPUE	Sul	-1304	43.448	0.0165
	Central	180.68	1.2116	0.0003
	Norte	713.8	-15.914	0.0112
CHLA x CPUE	Sul	172.15	327.91	0.0011
	Central	239.98	-21.775	0.0028
	Norte	157.9	172.2	0.005
SSH x CPUE	Sul	241.59	-1031.5	0.0371
	Central	244.24	-1189.8	0.0664
	Norte	246.58	-1315.8	0.0562

### 5.3. Hidrologia

A vazão do rio Amazonas apresenta um ciclo anual bifásico bem definido e conhecido. No período estudado, a descarga atingiu o maior volume durante o segundo trimestre, com picos de vazão entre abril e junho enquanto o menor volume ocorreu no quarto trimestre (entre outubro e dezembro) ( $H=197,3$ ;  $p<0,001$ ). Da mesma forma, a pluviosidade apresentou variação significativa ao longo do ano com os maiores registros entre janeiro e março e os menores entre agosto e outubro ( $H=197,3$ ;  $p<0,001$ ). A figura 7 apresenta a média mensal da vazão e pluviosidade com destaque para a defasagem mensal de aproximadamente 4 meses entre os picos de chuva e vazão, e 2 meses entre as mínimas.



**Figura 7.** Descarga do Rio Amazonas (linha contínua) e pluviosidade (linha pontilhada) no período de 1997 a 2007 obtida a partir de dados da HIDROWEB v3.2.6 (disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>; acessado em 25 de agosto de 2022). Linhas pontilhadas azuis indicam os picos e as vermelhas indicam as mínimas.

#### 5.4. Modelo aditivo generalizado

Os resultados dos modelos aditivos generalizados explicaram 85,7% para o setor Sul, 75,4% para o setor Central e 81,4% para o setor Norte. Os valores de  $p$  e o índice de Akaike (AIC) são apresentados na tabela 3 para cada setor.

No setor Sul, a captura por unidade de esforço covariou com a concentração de Chlorofila-a (figura 8A), indicando um leve aumento da CPUE em períodos de maior concentração de Chl-a (entre 0,17 e 0,18 mg/L<sup>-1</sup>). Em relação à SSH, verificou-se uma maior variação na CPUE em valores negativos (Figura 8B). Na área Central, o fator hidrológico foi uma das principais forças, influenciando no modelo escolhido (Figura 8C). A descarga do Rio Amazonas no município de Óbidos indica uma leve tendência crescente da CPUE durante as vazões máximas, provavelmente sob efeito da defasagem causada pela distância entre a foz do Amazonas e a estação fluviométrica de Óbidos.

**Tabela 3.** Resultados dos modelos aditivos generalizados (GAM) entre a CPUE, variável resposta, e as variáveis preditoras (Meteoceanográficas, hidrológicas e climáticas) da PCA por área de pesca (Sul, Central e Norte). As legendas para os valores de p são: entre 0 e 0,001 = \*\*\*; 0,001 e 0,01 = \*\*; 0,01 e 0,05 = \*; 0,05 e 0,1 = .; 0,1 e 1 = não significativo.

Variável	Setor Sul	Setor Central	Setor Norte
TIME	0.23884	0.01751 *	< 2e-16 ***
MONTH	0.19059		
YEAR	0.00731 **	0.13458	
SST	0.54104	0.14348	0.00024 ***
SSS	0.10176		0.00194 **
CHLA	0.00502 **		0.02914 *
SSH	0.00343 **	0.34343	0.54049
ARD		0.00214 **	
RAIN			0.58418
MEI	0.17041	0.04511 *	0.26778
ONI	0.43345	0.06094 .	0.00845 **
NIN12		0.94224	
NIN34	0.03212 *	0.3522	0.02570 *
TNA	0.04259 *	0.00996 **	0.00398 **
TSA		0.42855	0.88643
GITA	0.05027 .	0.00687 **	0.01984 *
AMM	0.05492 .	0.00990 **	0.00357 **
<b>Resultados do modelo</b>			
Std. Error	0.03144	0.03849	0.03402
t-value	162.1	132.4	149.8
p	<0.001	<0.001	<0.001
R <sup>2</sup> (adj)	0.746	0.619	0.703
D.E %	85.7	75.4	81.4
AIC (model)	147.383	197.282	165.705

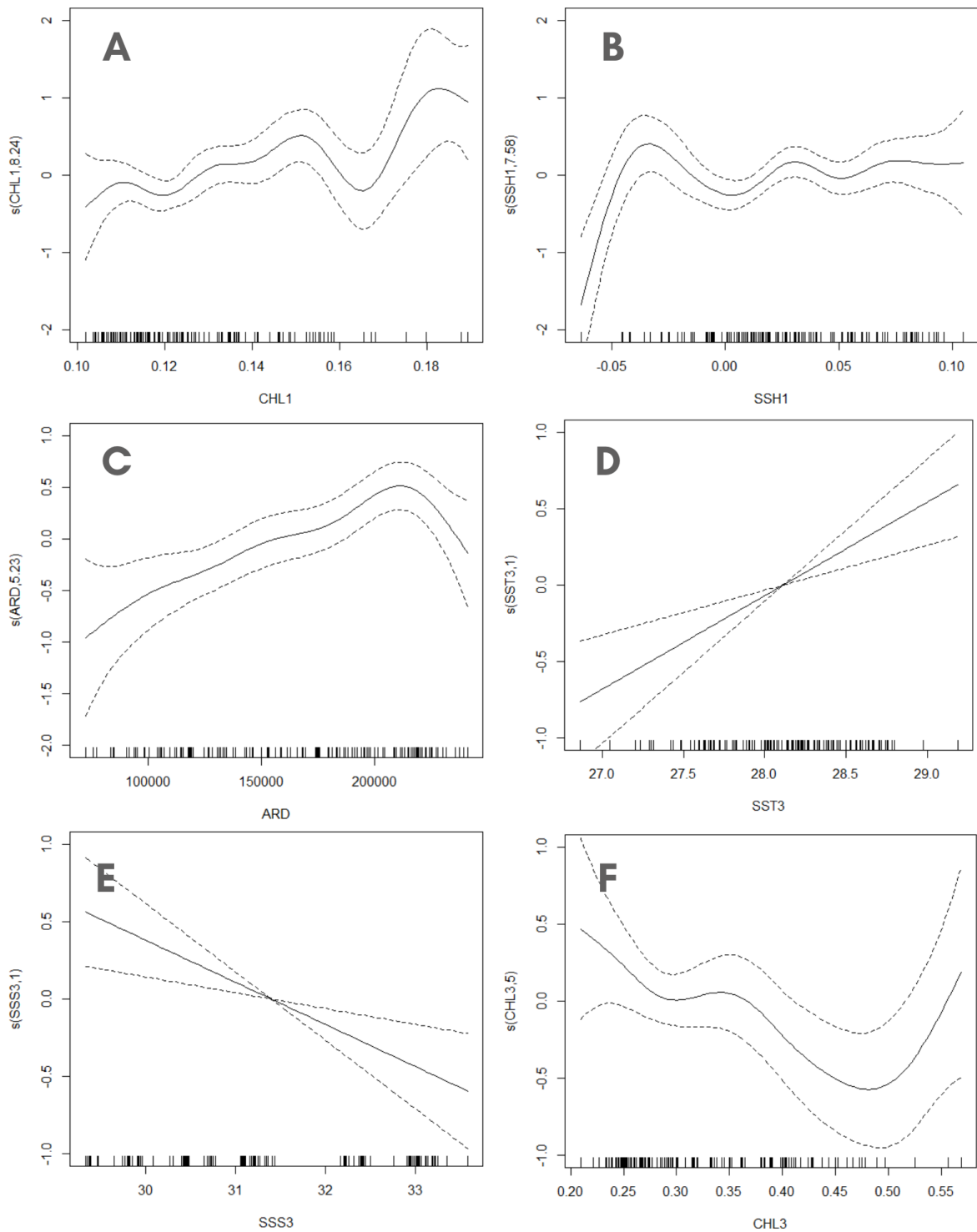
A CPUE do pargo apresentou maior explicação pelas variáveis oceanográficas no setor Norte. A influência parcial da Temperatura da superfície do mar (Figura 8D) e salinidade superficial (Figura 8E), indicaram uma tendência linear, positiva para SST e negativa para SSS. Em relação à concentração de chlorofila-a (Figura 8F), valores entre 0,35 e 0,50 mg/L<sup>-1</sup> indicaram uma queda da CPUE.

No Setor Sul, a anomalia de SST na região Nino 3+4 foi significativa na explicação do modelo (Figura 9A), indicando uma maior covariação com a CPUE entre os valores próximos de 0 (neutralidade). No setor Central o índice Multivariado de El Niño se apresentou na explicação da CPUE (Figura 9B) indicando uma relação linear

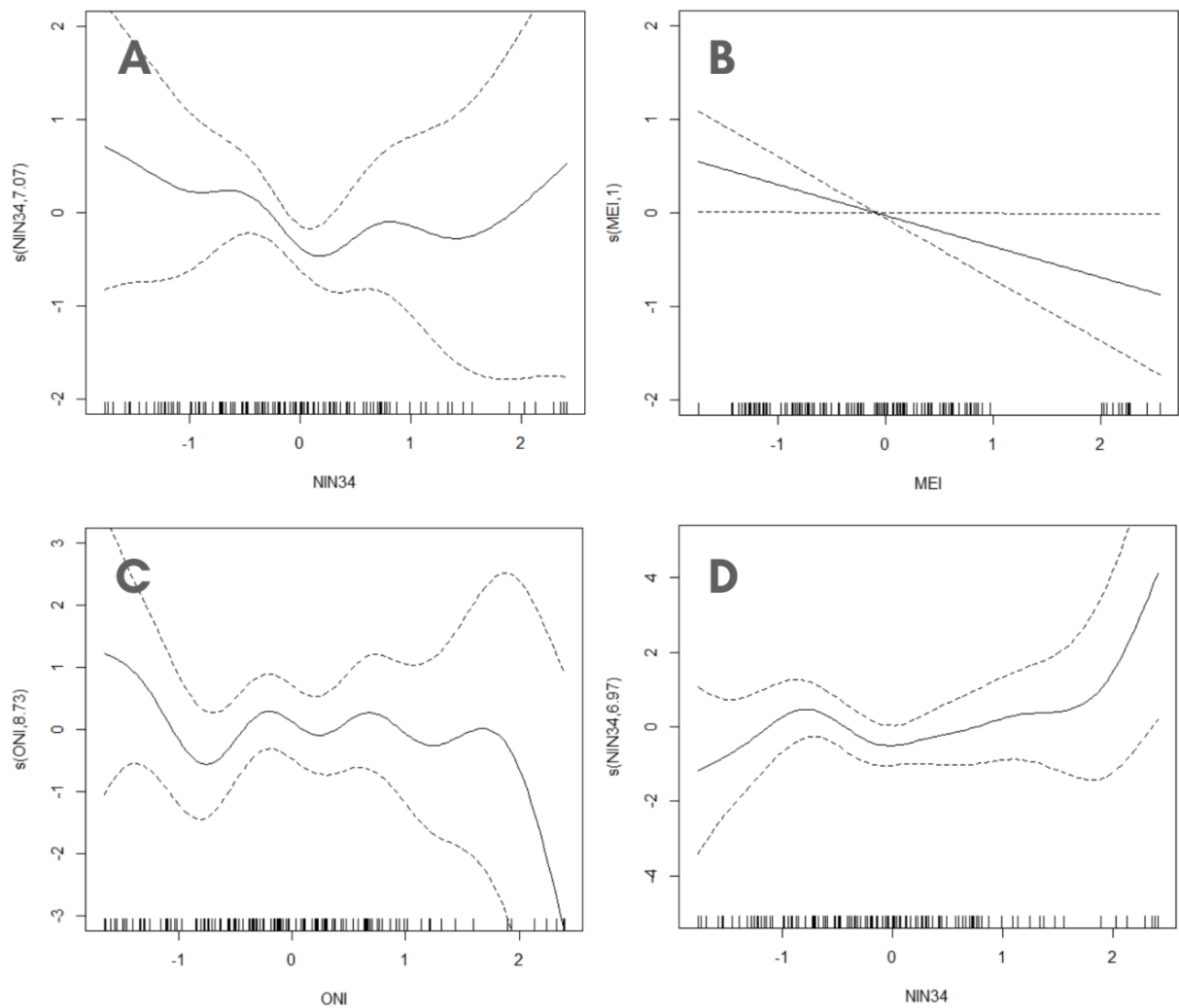
inversa, ou seja, a CPUE tende a diminuir em cenários de anomalias positivas do MEI. Já no setor Norte, o índice Oceânico de El Niño (Figura 9C) apresentou uma influência não linear constante durante as fases neutras e tendências opostas nos períodos de El Niño (diminuição) e La Niña (aumento). Porém, quando analisamos esse efeito para as anomalias da região Nino 3+4 (Figura 9D) observa-se o inverso, indicando uma leve tendência de aumento da CPUE nos valores positivos.

Em relação aos índices de SST do Atlântico, o TNA foi uma variável significativa para as três regiões oceânicas testadas. No setor Sul, esse índice apresentou uma leve tendência não-linear sobre a CPUE (Figura 10A), indicando que a CPUE tende a ser maior conforme a temperatura aumenta na região do Atlântico Tropical Norte. Nos setores Central e Norte (Figura 10B e 10C respectivamente) o TNA apresentou tendência similar, ambas indicando tendência não-linear, com os valores mais baixos de CPUE próximo de anomalias negativas.

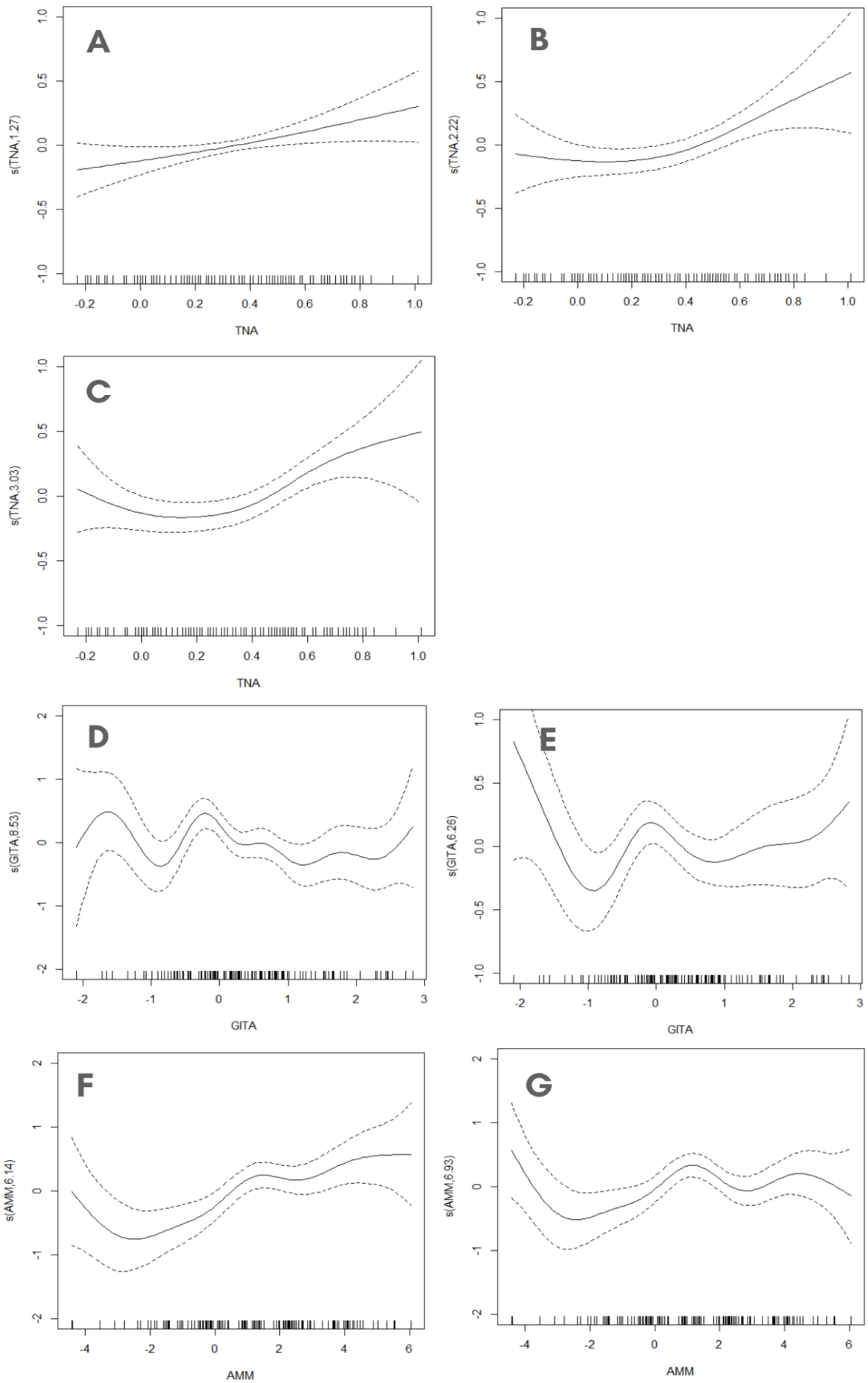
O gradiente Inter-hemisférico e o Modo Meridional do Atlântico também influenciaram parcialmente no modelo escolhido para os setores Central e Norte. O GITA apresenta relação não-linear constante para valores positivos em ambos os setores (Figura 10D e 10E). Uma queda na influência parcial foi observada próximo aos valores de -2 e -1. O Modo Meridional do Atlântico segue o mesmo padrão tanto para o Setor Central (Figura 10F) quanto para o Setor Norte (Figura 10G) indicando uma relação complexa entre os índices indicadores do Atlântico e a CPUE, indicando que o Atlântico influencia de forma diferente nas variáveis meteoceanográficas em cada área.



**Figura 8.** Influência parcial das variáveis meteoceanográficas e hidrológicas sobre a CPUE de pargo, *Lutjanus purpureus*, em três áreas da Plataforma Continental Amazônica. Linha central representa a tendência suave e linhas pontilhadas o intervalo de confiança. A = Chlorofila-a - setor Sul; B = Altura da superfície do mar - Setor Sul; C = Descarga do Rio Amazonas - Setor Central; D = Temperatura da superfície do mar - Setor Norte; E = Salinidade - Setor Norte; F = Chlorofila-a - Setor Norte.



**Figura 9.** Influência parcial dos Índices de SST do Pacífico sobre a CPUE de pargo, *Lutjanus purpureus*, em três áreas da Plataforma Continental Amazônica. Linha central representa a tendência suave e linhas pontilhadas o intervalo de confiança. A = anomalia de SST da região Niño 3+4 - Setor Sul; B = Índice Multivariado de El Niño - Setor Central; C = Índice de El Niño Oceânico - Setor Norte; D = Anomalia de SST da região Niño 3+4 - Setor Norte.





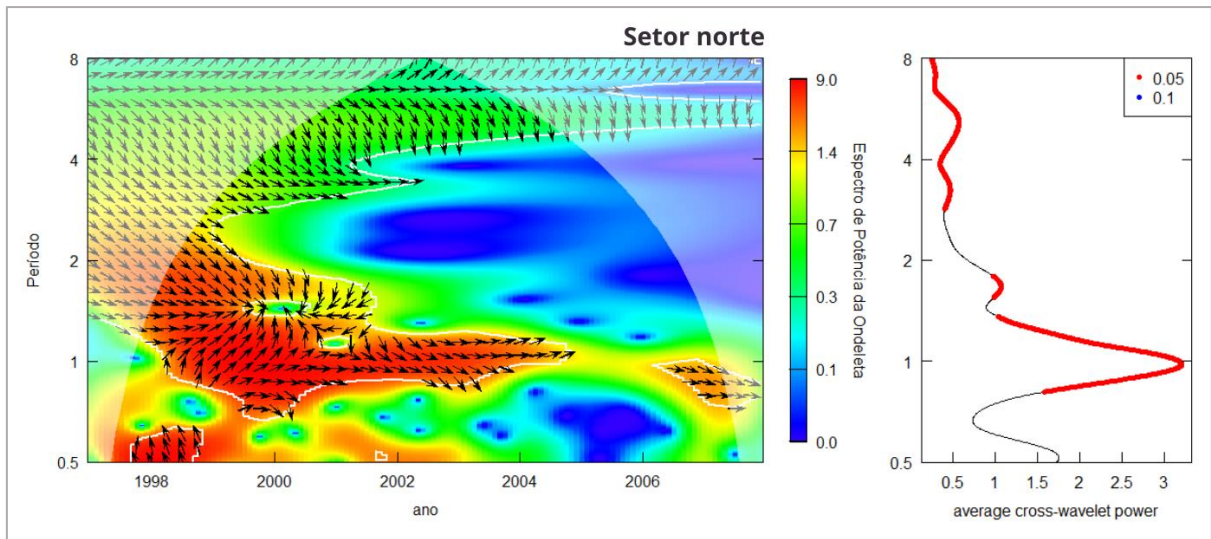
**Figura 10.** Influência parcial dos Índices de SST do Atlântico sobre a CPUE de pargo, *Lutjanus purpureus*, em três áreas da Plataforma Continental Amazônica. Linha central representa a tendência suave e linhas pontilhadas o intervalo de confiança. A, B, C = Índice do Atlântico Norte Tropical - Setor Sul, Central e Norte respectivamente; D, E = Gradiente Inter-hemisférico de TSM do Atlântico - Setor Central (esquerda) e Norte (direita); F, G = Modo Meridional do Atlântico - Setor Central (esquerda) e Norte (direita).

### 5.5. Análise espectral

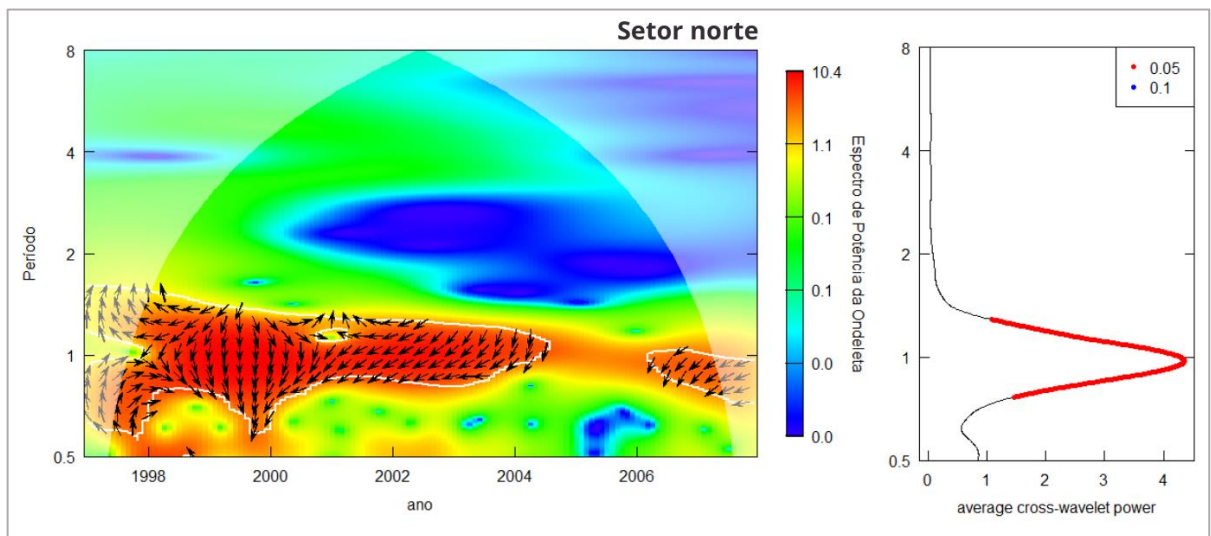
Os resultados obtidos por meio do espectro de potência e potência média de ondeletas mostram a intensidade da relação entre a CPUE e as variáveis ambientais em diferentes escalas de tempo. As setas pretas (vetores) fornecem informações sobre a sincronização (amplitude), atraso e antecipação (fase) entre duas séries. A linha em vermelho no gráfico de potência média de ondeletas indica a região de confiança em que as potências cruzadas são estatisticamente significativas ao nível de significância de 0,05.

A figura 11 apresenta a Wavelet cruzada entre a SST e a CPUE no Setor Norte, indicando um forte sinal anual com fase direta entre 1998 e 2004. Observou-se também um sinal direto mais fraco entre 4 e 8 anos, indicando que a temperatura da superfície do mar no setor Norte é um proxy de outras variáveis que pode influenciar diretamente na abundância relativa do pargo. Em relação à salinidade, um sinal anual significativo foi observado indicando uma defasagem negativa em relação à CPUE (Figura 12), interpretando-se que quando a salinidade aumenta nessa região, a CPUE tende a diminuir entre 4 e 6 meses.

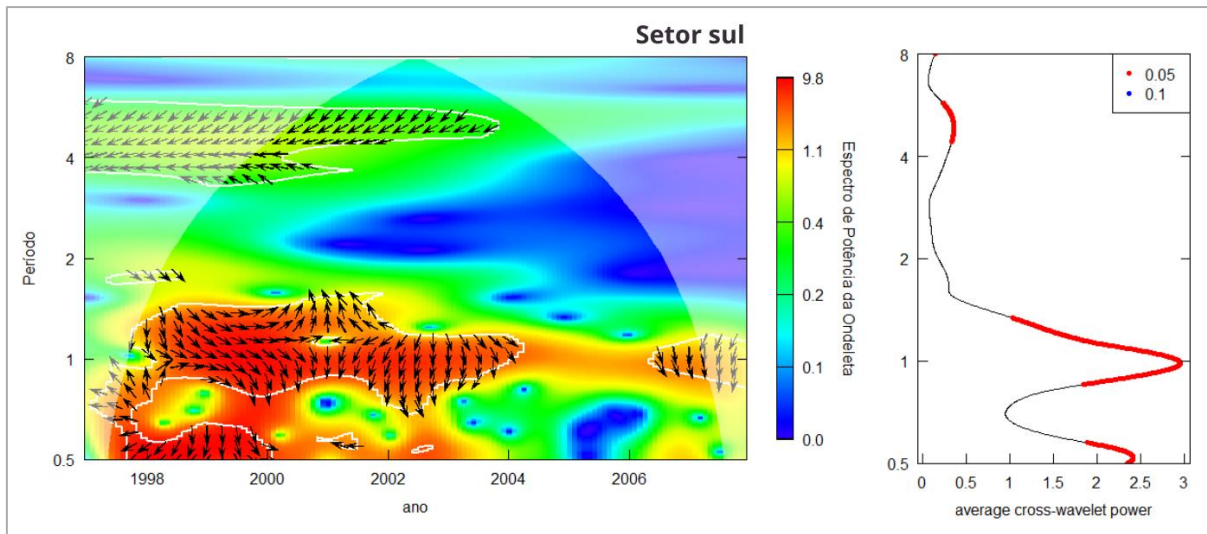
O espectro de potência da Altura da superfície do mar no Setor Sul está ilustrado na figura 13. O gráfico mostra uma covariação de fase negativa em diferentes escalas de tempo entre a SSH e a CPUE. Primeiro, um sinal sazonal de 6 meses entre 1998 e 2000, seguido de um sinal anual mais extenso em quase toda a série temporal desaparecendo apenas nos anos de 2005 e 2006. Outro sinal mais fraco ocorre a cada 4 anos, denotando uma relação negativa entre a CPUE e a altura da superfície do mar.



**Figura 11.** Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, *Lutjanus purpureus* e a temperatura da superfície do mar do Setor Norte da Plataforma Continental Amazônica.

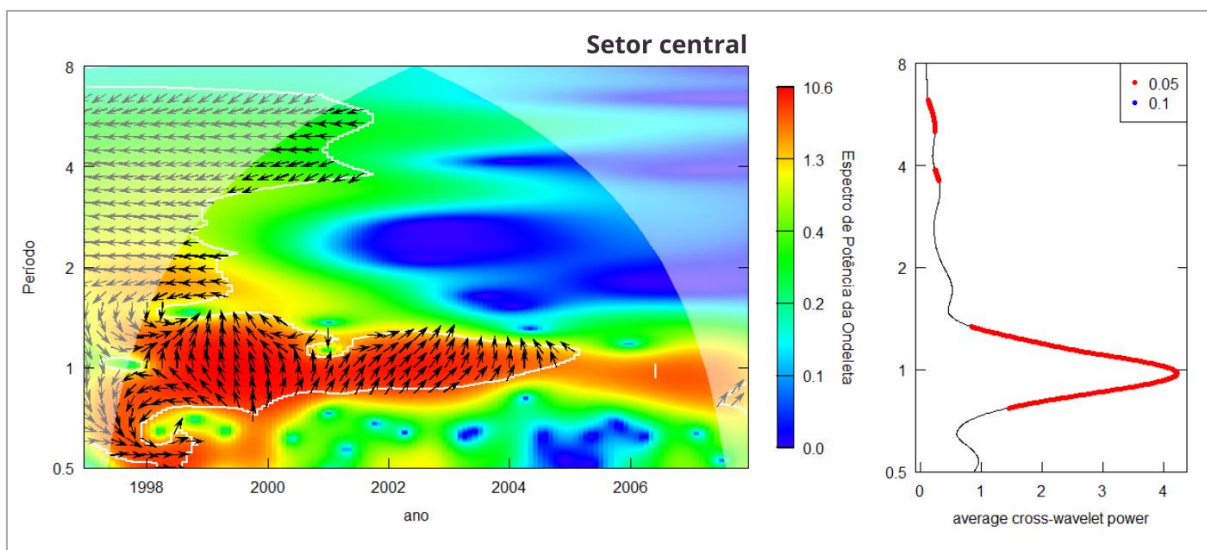


**Figura 12.** Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, *Lutjanus purpureus* e a salinidade superficial do Setor Norte da Plataforma Continental Amazônica.



**Figura 13.** Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, *Lutjanus purpureus* e a Altura da superfície do mar no Setor Sul da Plataforma Continental Amazônica.

A figura 14 apresenta a relação entre a descarga média do Rio Amazonas e a CPUE no Setor Central. Observou-se uma covariação negativa entre os anos de 1997 e 2001, nas escalas de 1 e 4 (completamente em fase oposta) anos. O sinal anual passou a covariar de forma positiva a partir de 2001 com uma defasagem de aproximadamente 3 meses ( $1/4$  do período).

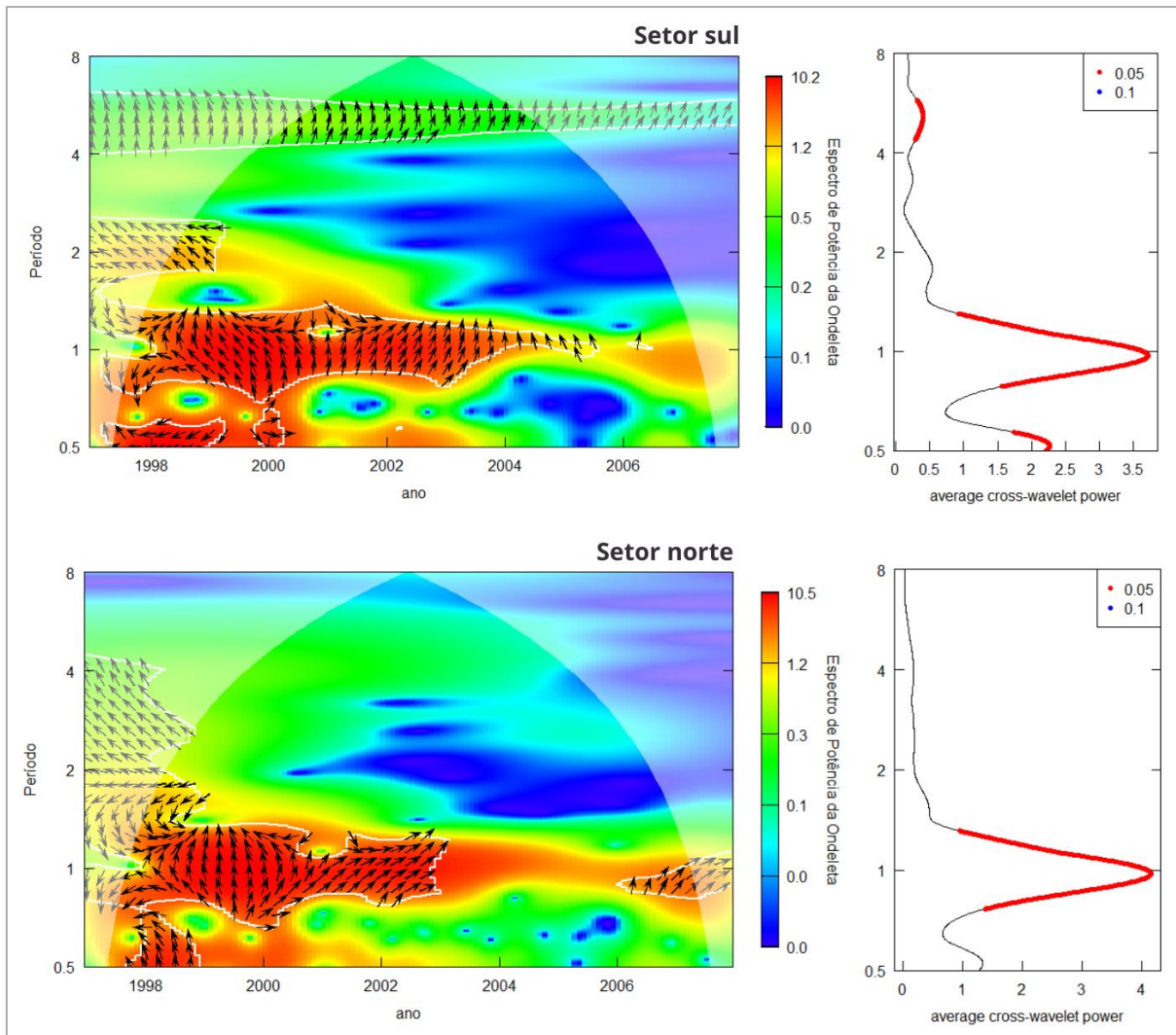


**Figura 14.** Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, *Lutjanus purpureus* e a descarga média do Rio Amazonas no Setor Central da Plataforma Continental Amazônica.

Em relação à concentração de chlorofila-a, foi observado um sinal anual positivo tanto no Setor Sul (entre 1997 e 2005) quanto no Setor Norte (de 1997 a 2003). Outros dois sinais significativos foram observados no Setor Sul, um sazonal semestral com fases diferindo entre si nos anos de 1998 e 2000 e um sinal positivo fraco a partir de 4 anos ao longo de toda a série temporal (Figura 15). Esses resultados indicam que a concentração de chlorofila-a nesses dois setores pode ter influenciado positivamente na abundância relativa de pargo.

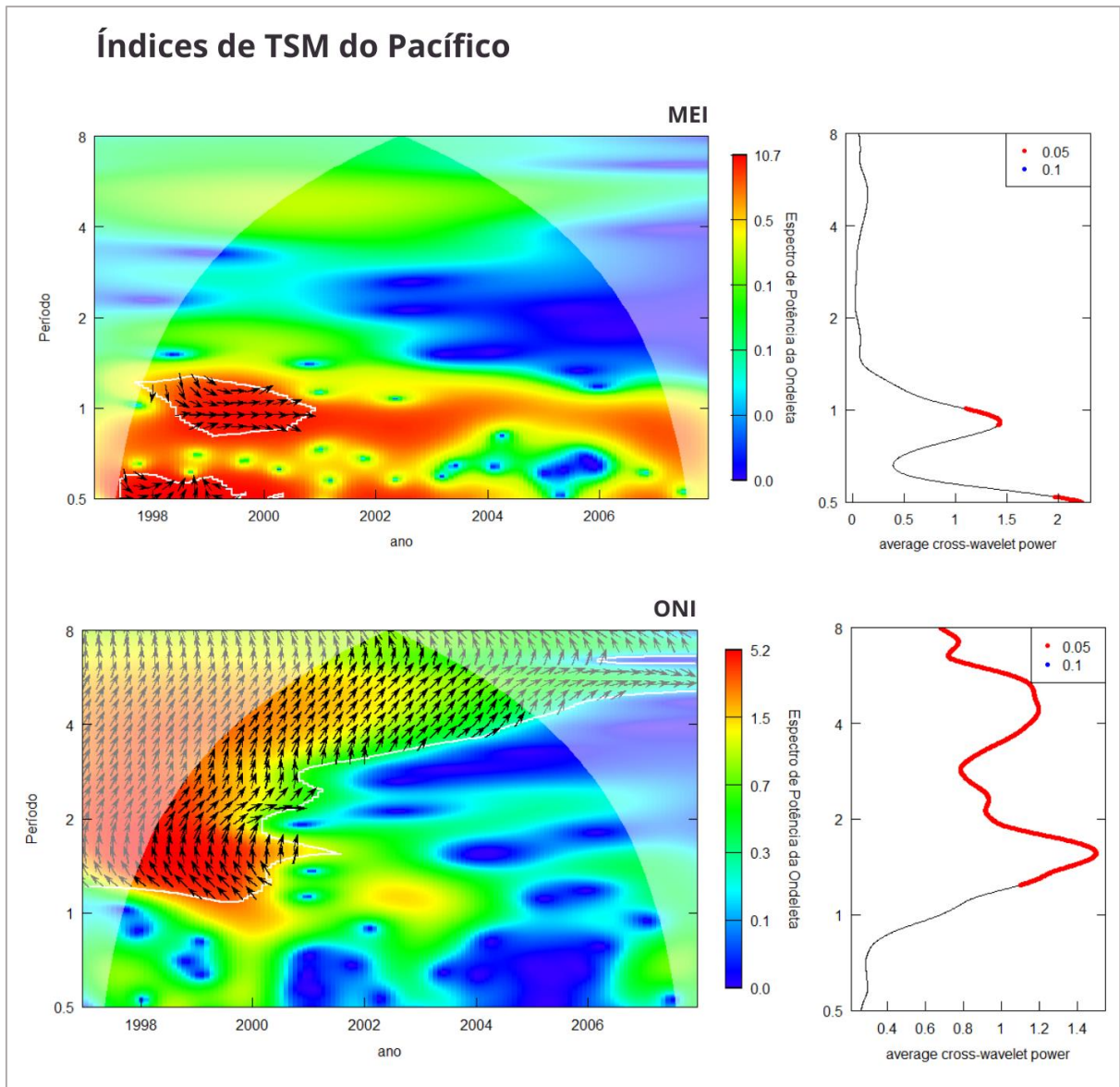
Ao analisar a relação do MEI sobre a CPUE (Figura 16) observou-se dois sinais de alta covariância, um semestral positivo que vai da metade de 1997 até 1999, indicando uma defasagem da CPUE em  $1/8$  do período (1,5 mês). O sinal anual apresentou fase direta entre as variáveis no período de 1998 a 2001. O índice ONI apresentou um padrão diferente em relação à CPUE, indicando um sinal bianual de  $1/4$  do período e que diminui ao longo do tempo até aproximadamente  $1/8$  na escala de 4 anos.

A figura 17 apresenta a relação entre os índices de temperatura da superfície do mar do Oceano Atlântico e a CPUE. Os resultados obtidos indicam que essa relação é modulada principalmente por um sinal interanual que vai de 1 a 2 anos e outro ocorrendo na escala de 4 anos. O TNA covariou completamente em fase com a CPUE em diferentes escalas de tempo, respondendo positivamente a variação da CPUE. Em relação ao GITA, observou-se um sinal de 4 anos positivo e com defasagem de  $1/4$  do período, diminuindo ao longo do tempo até ficar em fase oposta, próximo de 6 anos. O AMM apresentou um sinal em fase de modulação entre os anos de 1999 e 2000 e, posteriormente, um sinal de fase oposta com a CPUE entre 2001 e 2003, na escala de 1 período (1 ano). O mesmo comportamento foi observado na escala de 4 anos, com uma relação direta e inversa ao longo do tempo (Figura 17).

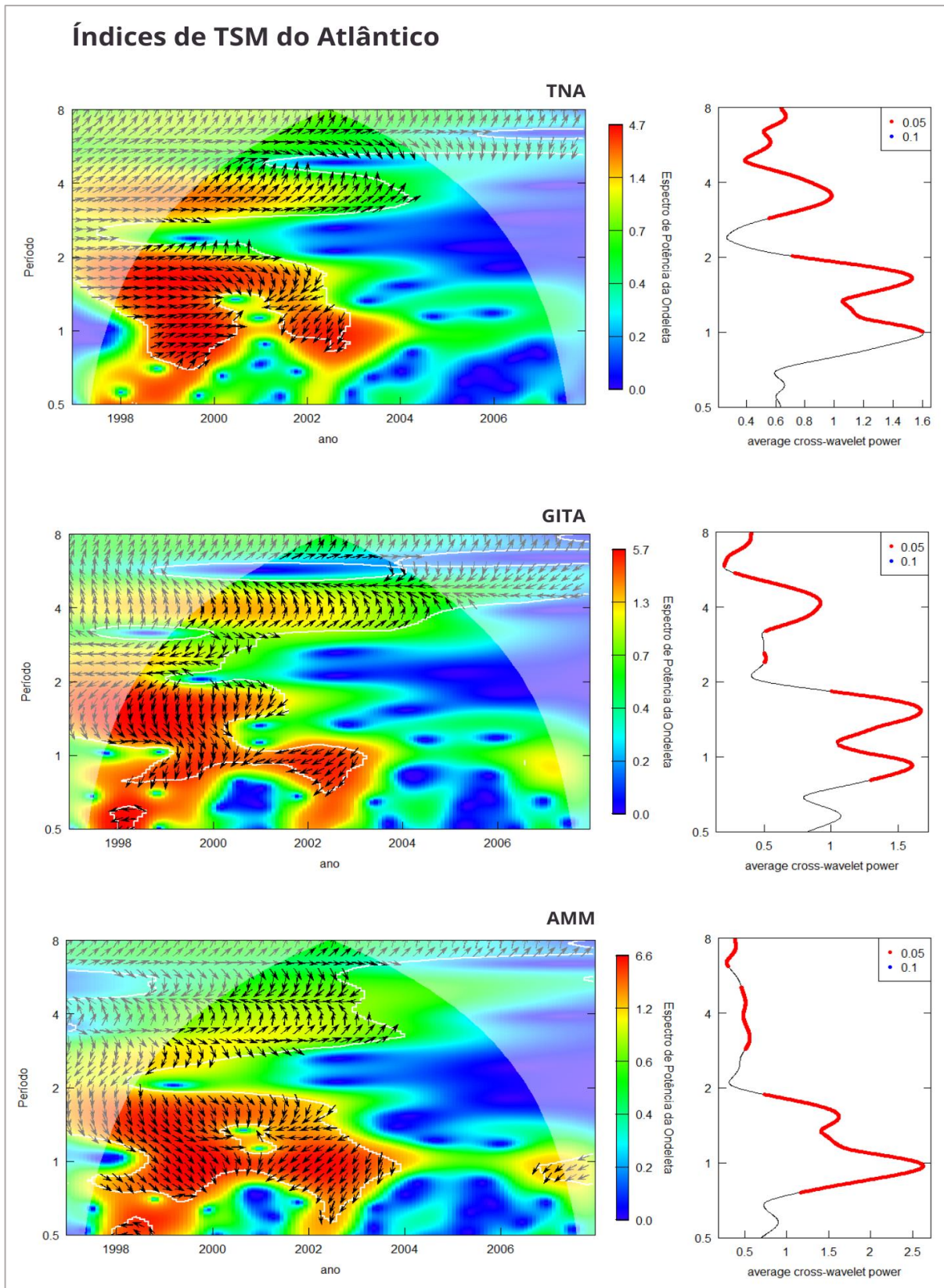


**Figura 15.** Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, *Lutjanus purpureus* e a concentração de Chlorofila-a no Setor Sul (acima) e Setor Norte (abaixo) da Plataforma Continental Amazônica.





**Figura 16.** Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, *Lutjanus purpureus* e os Índices de Temperatura da Superfície do Mar do Oceano Pacífico. MEI (acima) e ONI (abaixo).



**Figura 17.** Espectro de potência e potência média de ondeleta entre a CPUE de pargo, *Lutjanus purpureus* e os Índices de Temperatura da Superfície do Mar do Oceano Atlântico. TNA (acima), GITA (centro) e AMM (abaixo).

## 6. DISCUSSÃO

O pargo, sendo considerado um produto quase 100% para exportação, com rendimentos consideráveis se comparado a outros produtos pesqueiros da Plataforma Continental Amazônica, atrai um mercado internacional importante e conseqüentemente um aumento do esforço e das capturas (Isaac-Nahum, 2006; Bentes et al. 2017). Mesmo considerando que não houve coleta de dados de forma contínua e sistemática ao longo dos anos, é possível observar alterações provocadas pela pesca na estrutura etária da população, como o elevado percentual de juvenis nos desembarques e a queda da produção anual e da CPUE (Brasil, 2018; SAP/MAPA, 2021).

Entretanto, desde o início da década de 1990, estudos direcionados à compreensão de aspectos bioecológicos do pargo tem sido realizados, buscando informações que pudessem elucidar um manejo direcionado e eficiente (Souza et al. 2003; 2006; 2008; Costa et al. 2017; Freire et al. 2022). Neste sentido, paralelamente às iniciativas, não foram encontrados na literatura estudos que utilizem dados oceanográficos de sensoriamento remoto na investigação das capturas de pargo no Norte do Brasil.

As variáveis oceanográficas têm um papel importante na modulação dos recursos pesqueiros, pois muitas espécies de peixes e outros organismos marinhos são sensíveis às condições ambientais do oceano (Longhurst e Pauly, 2007; Lamborg et al. 2014). Analisando as capturas de Tainha Cinzenta (*Mugil cephalus*) em Taiwan, Hung e Shawn (2006) observaram que o aumento das temperaturas da superfície do mar e outros efeitos associados ao aquecimento global contribuíram para a redução das capturas desse recurso pesqueiro. Em suma, os efeitos oceanográficos e climáticos sobre as flutuações dos estoques pesqueiros vêm sendo estudados desde os anos 2000 e chamam atenção para os eminentes riscos de depleção dos estoques (Lehodey et al. 2006; Hsieh et al. 2009; Tzeng et al. 2012; Lan et al. 2012).

A Plataforma Continental Amazônica, onde atua a frota pargueira, configura-se como um ambiente altamente dinâmico e um dos mais energéticos do mundo, influenciado principalmente pela enorme descarga de água doce do Rio Amazonas, pelos ventos e correntes oceânicas, além de abrigar uma extensa área de recife mesofótico (Geyer et al. 1996; Miranda et al. 2012; Moura et al. 2016). O Grande Recife Amazônico, embora descoberto por Collette e Ruetzler (1977), foi mapeado



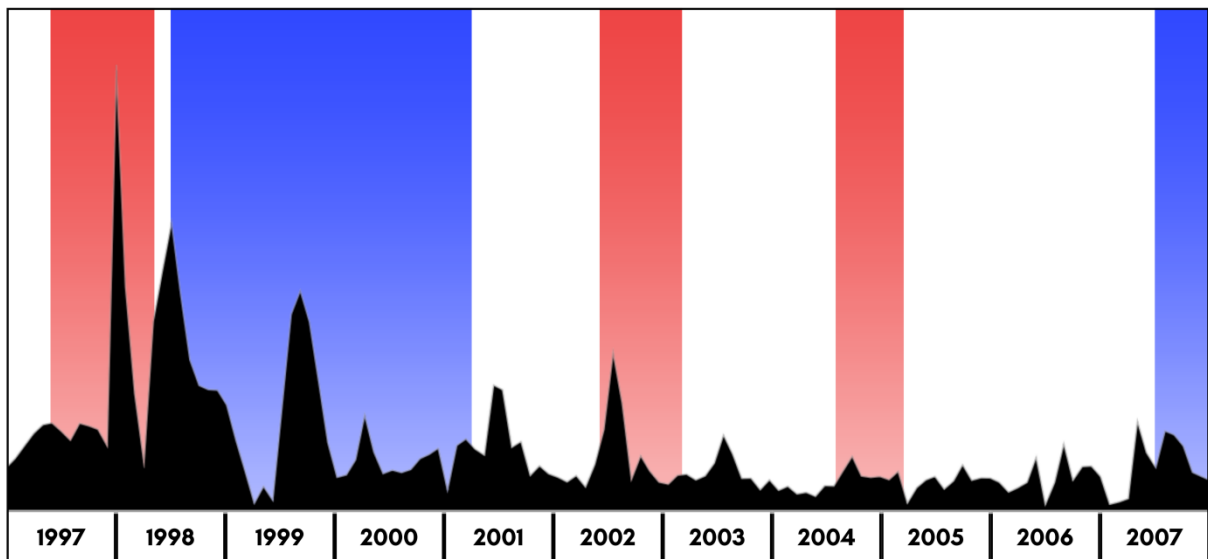
recentemente, e tem elucidado questões de como esse ambiente desempenha um papel fundamental na bioecologia do pargo, servindo como área de alimentação e de agregação para desova (Francini-Filho et al. 2018; Araújo et al. 2021).

A situação do pargo, além de expor os efeitos causados pela pesca não controlada e não reportada, também responde aos efeitos ambientais hidrológicos, oceanográficos e climáticos. De modo geral, os resultados obtidos por meio da análise espectral indicaram um sinal anual de alta frequência em todas as variáveis ambientais (TSM, SSS, CHL, SSH, ARD), indicando a presença de padrões ou variações significativas que se repetem a cada ano.

Assim, reconhecer os efeitos exógenos do ambiente e associá-los à intensidade da pesca são necessários uma vez que a depleção dos estoques de pargo parece evidente face à estruturação da pesca (Mescouto, 2023; Freire, 2019; Freire et al. 2022). Nas três áreas analisadas neste estudo (Norte, Central e Sul), observaram-se padrões diferenciados de produção, cuja captura (CPUE) responde também de modo particular e, mesmo considerando as limitações da inexistência de informações relacionadas aos específicos pontos de captura, sabe-se que elas ocorrem ao longo de todo o bioma de corais (Freire et al. 2022).

O Setor Sul, sendo muito próximo à desembocadura dos rios, agrega os efeitos advindos dos fenômenos fluviais e, necessariamente da antropização das áreas costeiras (Hayashi et al. 2019; Jolivet et al. 2019). Estudos sobre a reprodução de lutjanídeos no Golfo do México indicam que esse grupo desova nas bordas de corais (Claro e Lindeman, 2003; Coleman et al. 2011; Farmer et al. 2017), porém as larvas são carregadas para ambientes costeiros por meio das correntes, movendo-se até 480 km das áreas de desova em aproximadamente quatro semanas, caracterizando a população de pargos capturados como geneticamente muito homogênea (Gold et al. 1997; Hollenbeck et al. 2015; Da Silva et al. 2016).

Foi notável a presença de um sinal sazonal de 6 meses entre os anos de 1998 e 2000, caracterizando um período de atraso da CPUE em relação ao SSH, chegando a ficar em fase próximo da escala de 1 ano até 2001. Anomalias negativas de SSH estão relacionadas à presença de águas mais frias que o normal na superfície do mar, provavelmente uma resposta ao evento de La Niña (1998-2001) (Oliver et al. 2018).



**Figura 18.** Série histórica dos eventos de El Niño (faixa vermelha) e La Niña (faixa azul) durante o período de janeiro de 1997 a dezembro de 2007. Área escura representa a CPUE de pargo, *Lutjanus purpureus* na Plataforma Continental Amazônica. Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Na área Central, a descarga do Rio Amazonas configura-se como o principal fator influenciador da CPUE. A defasagem no ciclo anual indica que a CPUE varia de 1 mês e meio a 4 meses para responder positivamente. Podemos inferir que, os dois picos reprodutivos da espécie identificados por Freire et al. (2022) durante o ano, seriam os fenômenos de incremento da produção da espécie, entretanto, uma análise da composição das capturas precisaria ser realizada.

Uma significativa influência negativa direta na escala de 4 anos foi observada, indicando claramente que nessa área, a CPUE teve influência do El Niño. Esse padrão de diminuição da pesca em geral é bem conhecido e isso ocorre porque o El Niño afeta a circulação oceânica e a disponibilidade de nutrientes, o que pode afetar a distribuição e a disponibilidade de peixes (Chen et al. 2007; Wolter e Timlin, 2011; Lopez-Parages et al. 2020; Rouault e Tomety, 2022).

Em relação aos índices de TSM do Atlântico, observou-se alta correlação positiva direta entre o TNA e a CPUE. Valores positivos do índice TNA indicam que a temperatura da superfície do mar na região do Atlântico Norte está acima da média histórica para aquele período (Lopez-Parages et al. 2020). Segundo Free et al (2019), a temperatura pode reduzir ou incrementar a produção pesqueira. O pargo, sendo uma espécie de ciclo de vida longo (Menezes e Gesteira, 1974; Ximenes e Fonteles-

Filho, 1988; Freire et al. 2022), habitar áreas bentopelágicas e apresentar maturação relativamente tardia se comparada a outras espécies claramente *R* estrategistas, pode desenvolver mecanismos de maior resistência a oscilações periódicas de temperatura.

Free et al. (2019) também discute a importância das ecorregiões marinhas na influência da temperatura estrutural das populações, sugerindo que o impacto do aquecimento na estrutura e dinâmica dos ecossistemas se manifesta de forma semelhante para as populações que habitam a mesma região (Mueter et al. 2009). Por exemplo, encontraram influências negativas da temperatura média nas regiões do Mar do Norte, onde o aquecimento aumentou a estratificação e impulsionou mudanças na produtividade primária, com efeitos de cascata no zooplâncton (Richardson e Schoeman, 2004), nos peixes forrageiros (Clausen et al. 2018) e na produtividade de outros peixes (Beaugrand et al. 2003).

No caso da salinidade, olhando para as dependências espaciais e temporais da produtividade marinha em função deste parâmetro, a importância da variabilidade oceânica torna-se mais evidente. Devido ao encontro das massas de água, a salinidade se comporta como um fator primordial na delimitação de áreas mais ou menos produtivas do ponto de vista pesqueiro em toda a Plataforma Continental Amazônica (Silva et al. 2005; Gherardi et al. 2017).

Além disso, a área Norte, tradicionalmente considerada a de maior abundância de recursos pesqueiros marinhos (Isaac et al. 2006; Freire, 2019) é uma região de alta concentração de clorofila, principalmente no mês de abril, coincidindo com o período de maior pluviosidade, enquanto a menor concentração é observada em outubro, coincidindo com a estação seca. Portanto, nesta região, foram detectadas fortes influências do próprio rio Amazonas sobre estas concentrações, provavelmente por causa da maior disponibilidade de material em suspensão injetado por este rio no oceano. Altas concentrações também são observadas nesta região de maio a junho, que estão relacionadas com a expansão da pluma amazônica.

O pargo, por ser uma espécie essencialmente marinha, respondeu positivamente a estes incrementos em produtividade primária após 1 ano, quando as CPUEs foram mais altas. Mesmo que não tenhamos dados que façam referência à produtividade primária da área com a disponibilidade de alimentos para espécies como *L. purpureus*, devido à variedade de itens alimentares observado no sistema

digestório da espécie, ela é considerada uma espécie carnívora generalista, com alimentação baseada especialmente em peixes, crustáceos, moluscos e tunicados, sendo que os foraminíferos, celenterados, anelídeos, espongiários, briozoários incrustados e anelídeos também estão presentes, como alimentos ocasionais (Monteiro e Barroso, 1963; Barroso, 1965; Furtado-Ogawa e Menezes, 1972), ou seja, um aumento na produtividade primária das áreas permite inferir um aumento na disponibilidade de organismos de outros níveis tróficos, que favorecem a formação de cardumes para a alimentação e crescimento (Szedlmayer e Lee, 2004).

A análise da variabilidade climática marinha é uma ferramenta importante para entender como os fatores ambientais afetam a pesca de espécies marinhas, como o pargo. Os resultados aqui obtidos são um primeiro proxy, ou seja, um indicador indireto utilizado para inferir sobre as condições ambientais durante o período de estudo. Os índices de TSM do Atlântico responderam positivamente às correlações e, embora necessite de mais testes, podemos inferir que a utilização desses índices pode ser um bom preditor para as capturas de pargo no Norte do Brasil e podem ajudar a reconstruir as séries históricas de captura do pargo, onde os dados são escassos ou inexistentes.

As mudanças na temperatura, salinidade e correntes oceânicas podem alterar a disponibilidade de alimento e a qualidade do habitat, o que pode afetar o crescimento e a sobrevivência de espécies marinhas tropicais (Chen et al. 2007; Lan et al. 2012). Além disso, a variação na altura da superfície do mar pode afetar a circulação oceânica e a dinâmica das águas costeiras, influenciando a migração vertical e a reprodução do pargo.

Identificar os principais fatores que afetam a distribuição e abundância do pargo, é fundamental para entender e contribuir para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficazes. Além disso, o monitoramento contínuo das condições climáticas e oceanográficas pode ajudar a prever as mudanças na disponibilidade da espécie.

## 7. REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas (ANA). Hidroweb: Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 15 abr. 2022.
- Allen, G. R. Snappers of the world. An annotated and illustrated catalogue of lutjanid species known to date. *Vol 6*. FAO, Rome, 208 pp. 1985.
- Araújo, L. S.; Magdalena, R.; Louzada, T. S.; Salomon, P. S.; Moraes, C.; Ferreira, B. P.; et al. Growing Industrialization and Poor Conservation Planning Challenge Natural Resources' Management in the Amazon Shelf off Brazil. *Mar. Pol.* 128, 104465. 2021.
- Barroso, L. M. Regime alimentar do pargo (*Lutjanus aya*, 1795) no Nordeste brasileiro. *Boletim de estudos da pesca*, v. 5, n. 3, p. 7–16, 1965.
- Belsley, D. A.; Kuh, E.; Welch, R. E. Regression diagnostics: identifying data and sources of collinearity. New York: *John Wiley & Sons*, 292 p. 1980.
- Beaugrand, G.; Brander, K. M.; Alistair Lindley, J.; Souissi, S.; Reid, P. C. Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. *Nature*, 426(6967), 661-664. 2003.
- Bentes, B. S.; Aragão, J. A. N.; Freire, J. L.; Lutz, I. A. F.; Sarmiento, G. C.; Gomes, T. Documento técnico sobre a situação atual das pescarias do pargo na região Norte do Brasil. *Fishery Progress*. Universidade Federal do Pará. 2017.
- Branch, T. A.; Hilborn, R. Catching more bait: a bottom-up re-estimation of global fisheries subsidies. *Marine Policy*, 35(5), 572-581. 2011.
- Brasil. Ministério da Pesca e Aquicultura/Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa Interministerial Nº 08, de 08 de junho de 2012.
- Brasil. Portaria Interministerial nº 42, de 27 de julho de 2018. Diário Oficial da União. Define regras para o uso sustentável e a recuperação dos estoques da espécie *Lutjanus purpureus* (pargo). Seção 1 (145): 5. Brasília, DF. 2018.
- Brito, L.; Oliveira, E.; Moraes, J.; Souza, N.; Pantoja, N.; Espírito Santo, R. Aumento da temperatura, turismo, poluição e pesca: os riscos aos corais brasileiros. *Revista Uniaraguaia*, 14(3), 44-57. 2020.
- Burnham, K. P.; Anderson, D. R. Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. *Sociol. Methods Res.* 33, 261–304. 2004.
- Camargo, M. G.; Isaac, V. J. Caracterização das pescarias comerciais de Manaus, AM, com base nas estatísticas oficiais. *Acta Amazonica*, 38(1), 77-86. 2008.

Castello, L.; Isaac, V. J.; Thapa, R. Flood pulse effects on multispecies fishery yields in the Lower Amazon. *R. Soc. open sci.* 2: 150299-150299. 2015.

Castro Filho, B. M.; Miranda, L. B. Physical oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf located between 4°N and 34°S. In: Robinson, A. R. & Brink, K. H. eds. *The Sea*. New York, *John Wiley & Sons*. v. 2, p. 209-251. 1998.

Chen, X. J.; Zhao, X. H.; Chen, Y. Influência do El Niño/La Niña na coorte ocidental de inverno-primavera de lulas voadoras de néon (*Ommastrephes bartramii*) no noroeste do Oceano Pacífico. *ICES Journal of Marine Science*, v.64(6), p1152–1160, 2007.

Chiang, J. C. H.; Vimont, D. J. Analogous meridional modes of atmosphere-ocean variability in the tropical Pacific and tropical Atlantic. *J. Climate*, 17 (21), 4143-4158. 2004.

Clarke, T. M.; Wabnitz, C. C. C.; Frölicher, T. L.; Reygondeau, G.; Pauly, D.; Cheung, W. W. L. Linking observed changes in pelagic catches to temperature and oxygen in the Eastern Tropical Pacific. *Fish and Fisheries*, 00, 1– 12. 2022.

Clausen, L. W.; Rindorf, A.; van Deurs, M.; Dickey-Collas, M.; Hintzen, N. T. Shifts in North Sea forage fish productivity and potential fisheries yield. *Journal of Applied Ecology*, 55(3), 1092-1101. 2018.

Claro, R.; Lindeman, K. C. Spawning Aggregation Sites of Snapper and Grouper Species (*Lutjanidae* and *Serranidae*) on the Insular Shelf of Cuba. *Gulf Caribb. Res* 14, 91–106. 2003.

Coleman, F. C.; Scanlon, K. M.; Koenig, C. C. Groupers on the Edge?: Shelf Edge Spawning Habitat in and Around Marine Reserves of the Northeastern Gulf of Mexico. *Prof. Geogr.* 63, 456–74. 2011.

Collette, B. B.; Rutzler, K. Reef Fishes Over Sponge Bottoms of the Mouth of Amazon River. In *Proceedings of the Third International Coral Reef Symposium* Bol. Téc. Cient. 305–310. Miami, FL. 1977.

Costa, G. F.; Holanda, F. C. A. F.; Furtado-Jr, I.; Silva, J. A. A tecnologia de pesca industrial do pargo, *Lutjanus purpureus*, da frota do município de Bragança-Pará-Brasil. *Boletim Técnico Científico do CEPNOR*, 17 (1): 21-27. 2017.

- Da Silva, R.; Sampaio, I.; Schneider, H.; Gomes, G. Lack of spatial subdivision for the snapper *Lutjanus purpureus* (Lutjanidae-Perciformes) from southwest atlantic based on multi-locus analyses. *PLoS ONE*, 11 (8): 1-17. 2016.
- Doll, J. C.; Jacquemin, S. J. Bayesian Model Selection in Fisheries Management and Ecology. *Journal of Fish and Wildlife Management*. 10 (2): 691–707. 2019.
- Ebisuzaki, W.; Kanamitsu, M.; Potter, J.; Fiorino, M. An Overview of Reanalysis-2. *Resumos Climate Diagnostics Workshop*, Miami, Florida. 1998.
- Enfield, D. B.; Mestas-Núñez, A. M.; Mayer, D. A.; Cid-Serrano, L. How ubiquitous is the dipole relationship in tropical Atlantic Sea surface temperatures? *J. Geophys Res.*, 104(4), 7841-7848. 1999.
- Farmer, N. A.; Heyman, W. D.; Karnauskas, M.; Kobara, S.; Smart, T. I.; Ballenger, J. C.; et al. Timing and Locations of Reef Fish Spawning Off the Southeastern United States *PLoS One* 12, e0172968. 2017.
- Fernandes, L.; Fontes, J.; Silva, A. The effects of environmental variables on landings of small pelagic fish species: the case of the Azores. *Regional Studies in Marine Science*, 13, 55-64. 2017.
- Fonteles-Filho, A. A. Síntese sobre o pargo, (*Lutjanus purpureus*) Em: *A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: levantamento de dados e avaliação crítica*. Haimovici, M. (Org.) Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 249-255. 2007.
- Francini-Filho, R. B.; Amado-Filho, G. M.; Thompson, F. L.; Pereira-Filho, G. H. Perspectives on the Great Amazon Reef: Extension, Biodiversity, and Threats. *Frontiers in Marine Science*, 5, 372. 2018.
- Free, C. M.; Thorson, J. T.; Pinsky, M. L.; Oken, K. L.; Wiedenmann, J.; Jensen, O. P. Impacts of historical warming on marine fisheries production. *SCIENCE* v.363(6430) pp. 979-983. 2019.
- Freire, J. L. Pesca, reprodução e crescimento de *Lutjanus purpureus* (lutjanidae – perciformes) no Recife Amazônico. Tese (doutorado) – *Programa de Pós-graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Núcleo de Ecologia Aquática e Pesca da Amazônia*, Universidade Federal do Pará, Belém. 2019.
- Freire, K. M. F.; Almeida, Z. S.; et al. Reconstruction of Marine Commercial Landings for the Brazilian Industrial and Artisanal Fisheries From 1950 to 2015. *Front. Mar. Sci.*, v. 8, 659110. 2021.

Freire, J. L.; Sarmiento, G. C.; Lutz Í.; Bentes, B.; Isaac, V. J. New Insight Into the Reproductive Biology and Catch of Juveniles of the *Lutjanus purpureus* in a Portion of the Great Amazon Reef System Off the Northern Brazilian Coast. *Front. Mar. Sci.*, v.9. 2022.

Furtado-Ogawa, E.; Menezes, M. F. Alimentação do pargo *Lutjanus purpureus* Poey, no nordeste brasileiro. *Arquivos de ciências do mar*, v. 12, n. 2, p. 105–108, 1972.

Geyer, W. R.; Beardsley, R. C.; Lentz, S. J.; Candela, J., Limeburner, R., Johns, W. E., Castro, B. M, & Soares, I. D. Physical oceanography of the Amazon shelf. *Continental Shelf Research*, 16(5-6), 575-616. 1996.

Gherardi, D. F. M.; Gouveia, N. A.; Wagner, F. H.; Cruz de Aragão, L. E. O.; Paes, E. T. Ecohydrology of the Amazon supersystem. *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. INPE Santos - SP, Brasil. 2017.*

Gloor, M.; Barreto, P.; Phillips, O. L.; Brienen, R. J. W. Recent Amazon climate as background for possible ongoing and future changes of Amazon humid forests. *Global Biogeochemical Cycles*, 29(10), 1384-1399. 2015.

Gold, J. R.; Sun, F.; Richardson, L. R. Population Structure of Red Snapper from the Gulf of Mexico as Inferred from Analysis of Mitochondrial DNA. *Transactions of the American Fisheries Society*, 126: 386–396. 1997.

Grafton, R. Q.; Hilborn, R.; Squires, D.; Williams, M. J.; Garcia, S. M. Malthusian overfishing: the impact of human population dynamics on global fishery resources. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 31(1), 1-19. 2021.

Grinsted, A.; Moore, J. C.; Jevrejeva, S. Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear Proc. in Geophysic*, v.11, p.561–566. 2004.

Grüss, A.; Walter, J. F.; Babcock, E. A.; Forrestal, F. C.; Thorson, J. T.; Laretta, M. V.; Schirripa, M. J. Evaluation of the impacts of different treatments of spatio-temporal variation in catch-per-unit-effort standardization models, *Fisheries Research*, v. 213, p 75-93. 2019.

Gualberto, L. P. S.; El-robrini, M. Faciologia da cobertura sedimentar superficial da plataforma continental do Maranhão. *Estudos geológicos*, 15: 234–243. 2015.



Hayashi, S. N.; Souza-Filho, P. W. M.; Nascimento Jr., W. R.; Fernandes, M. E. B. The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast. *PLOS ONE* 14(6): e0217754. 2019.

Hollenbeck, C. M.; Portnoy, D. S.; Saillant, E.; Gold, J. R. 2015. Population structure of red snapper ( *Lutjanus campechanus* ) in U . S . waters of the western Atlantic Ocean and the northeastern Gulf of Mexico. *Fisheries Research*, 172: 17–25. 2015.

Hsieh, C. H.; Chen, C. H.; Chiu, T. S.; Lee, K. T.; Shieh, F. J.; Pan, J. Y.; Lee, M. A. Time series analyses reveal transient relationships between abundance of larval anchovy and environmental variables in the coastal waters southwest of Taiwan. *Fish Oceanogr* 18(2):102–117. 2009.

Hsu, C. C.; Lin, Y. J.; Huang, C. L. Environmental variables affecting fish landings in Taiwan: a case study of Taiwan's distant water longline fishery in the Indian Ocean. *ICES Journal of Marine Science*, 69(3), 383-391. 2012.

Hung, C. M.; Shaw, D. The impact of upstream catch and global warming on the grey mullet fishery in Taiwan: a non-cooperative game analysis. *Mar Resour Econ* 21:285–300. 2006.

Isaac-Nahum, V. J. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros do litoral amazônico: um desafio para o futuro. *Cienc. Cult.*, São Paulo, v. 58, n. 3, p. 33-36, Sept. 2006.

Isaac, V. J.; Ferrari, S. F. Assessment and management of the North Brazil Shelf Large Marine Ecosystem. *Environmental Development*, 22: 97-110. 2017.

Ivo, C. T. C.; Sousa, M. J. B. Sinopse de informações sobre o pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, no Norte e Nordeste do Brasil. *Arquivos de Ciência do Mar* 27: 57-67. 1988.

Ivo, C. T. C.; Rocha, C. A. S. Estudo da seletividade do Anzol na captura do pargo *Lutjanus purpureus* Poey (Pisces: Lutjanidae), no Norte e Nordeste do Brasil. *Arquivos de ciências do mar*, 27: 49–56. 1998.

Johns, R. H.; Davies, J. M.; Leftwich. P. W. An examination of the relationship of 0-2 km AGL "positive" wind shear to potential buoyant energy in strong and violent tornado situations, in Preprints, 16th Conference on Severe Local Storms, pp. 593-598, *American Meteorological Society*, Boston, Mass. 1990.

Jolivet, M.; Anthony, E. J.; Gardel, A.; Brunier, G. Multi-Decadal to Short-Term Beach and Shoreline Mobility in a Complex River-Mouth Environment Affected by Mud From the Amazon. *Front. Earth Sci., Sec. Geohazards and Georisks*, V. 7. 2019.

Jongman, R. H.; Ter Braak, C. J.; van Tongeren, O. F. Data analysis in community and landscape ecology. New York: *Cambridge University Press*; 1995.

Kanamitsu, M.; Ebisuzaki, W.; Woollen, J.; Yang, S.; Hnilo, J. J.; Fiorino, M.; Potter, G. L. NCEP-DEO AMIP-II Reanalysis. *Bul. of the American Meteorological Society*, v.83, n. 11, p.1631-1643, 2002.

Kuehl, S. A.; Demaster, D. J.; Nittrouer, C. A. Nature of sediment accumulation on the Amazon continental shelf. *Continent. Shelf Res.*, v. 6, p. 209-225, 1986.

Lamborg, C.; Hammerschmidt, C.; Bowman, K.; Swarr, G.; Munson, K.; Ohnemus, D.; Lam, J.; Heimbürger, L.-E.; Rijkenber, M.; Saito, M. A global ocean inventory of anthropogenic mercury based on water column measurements. *Nature*, 512, 65. 2014.

Lan, K. W.; Evans, K. Lee, M. A. Effects of climate variability on the distribution and fishing conditions of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western Indian Ocean. *Clim Change* 115(3–4). 2012.

Latrubesse, E. M.; Cozzuol, M.; Silva-Caminha, S. A. F.; Rigsby, C. A.; Absy, M. L.; Jaramillo, C. The Late Miocene paleogeography of the Amazon Basin and the evolution of the Amazon River system. *Earth-Science Reviews*, V. 99, n 3–4, p. 99-124. 2010.

Lehodey, P.; Alheit, J.; Barange, M.; Baumgartner, T.; Beaugrand, G. Climate variability, fish, and fisheries. *J Clim* 19:5009–5030. 2006.

Longhurst, A. R.; Pauly, D. *Ecologia dos Oceanos Tropicais*. EdUSP, ISBN - 8531403464, 9788531403460. 2007.

López-Parages, J.; Auger, P. A.; Rodríguez-Fonseca, B.; Keenlyside, N.; Gaetan, C.; Rubino, A.; Arisido, M. W.; Brochier, T. El Niño as a predictor of round sardinella distribution along the northwest African coast. *Progress in Oceanography*, v.186, ISSN 0079-6611. 2020.

Mccullagh, P.; Nelder, J. A. *Generalized linear models*. 2.ed. London, *Chapman and Hall*. 1989.

Mescouto, N. L. C. Indicadores de desempenho da pesca do pargo na Plataforma Amazônica Brasileira: é o início do fim de um sistema de pesca? *Dissertação*

(Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará. Belém, Pará. 2023.

Menezes, M. F.; Gesteira, T. C. V. Idade e crescimento do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, do Nordeste do Brasil. *Arquivo de ciências do mar*, v. 14, n. 2, p. 81–85, 1974.

Mohriak, W. U. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. pp 87-94. In: Bizzi, L. A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. C.; Gonçalves, J. H. *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. CPRM, Brasília, 2003.

Monteiro, N. U.; Barroso, L. Estudo sobre o ciclo sexual e o regime alimentar do pargo. *Boletim de estudos da pesca*, v. 3, n. 11/12, p. 13–20, 1963.

Moura, R. L.; Amado-Filho, G. M.; Moraes, F. C.; Brasileiro, P. S.; Salomon, P. S.; Mahiques, M. M.; ... Thompson, F. L. An extensive reef system at the Amazon River mouth. *Science Advances*, 2(4), e1501252. 2016.

Mueter, F. J.; Broms, C.; Drinkwater, K. F.; Friedland, K. D.; Hare, J. A.; Hunt Jr, G. L.; Taylor, M. Ecosystem responses to recent oceanographic variability in high-latitude Northern Hemisphere ecosystems. *Progress in Oceanography*, 81(1-4), 93-110. 2019.

NODC/SOG 4 km Pathfinder Version 5.3 User Guide. NOAA Satellite and Information Service, National Oceanographic Data Center, *NODC Satellite Oceanography Group*. 2022.

Oliver, E. C. J.; Donat, M. G.; Burrows, M. T. et al. Longer and more frequent marine heatwaves over the past century. *Nat Commun* 9, 1324. 2018.

Omachi, C. Y.; Asp, N. E.; Siegle, E. Light availability for reef-building organisms in a plume-influenced shelf. *Cont Shelf Res* 181:25–33. 2019.

Paiva, M. P. Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil. *UFC Edições*, Fortaleza, Ceará, 286 pp. 1997.

Pauly, D.; Christensen, V.; Dalsgaard, J.; Froese, R.; Torres Jr, F. Fishing down marine food webs. *Science*, 279(5352), 860-863. 1998.

Pepin, P.; King, J.; Holt, C.; Smith, H-G; Shackell, N.; Hedges, K.; Bundy, A. Incorporating knowledge of changes in climatic, oceanographic, and ecological conditions in Canadian stock assessments. *Fish and Fisheries*, 00, 1– 15. 2022.

Pereira, L. C. C.; Ribeiro, C. M. M.; Monteiro, M. C.; Asp, N. Morphological and sedimentological changes in a macrotidal sand beach in the Amazon littoral (Vila dos Pescadores, Pará, Brazil). *Journal of Coastal Research*. SI 56, 113-117. 2009.

Petrere Jr. M.; Giacomini, H.; De Marco Jr. P. Catch-per-unit-effort: which estimator is best? *Brazilian Journal of Biology*, 70 (Braz. J. Biol., 70 (3), 483–491. 2010.

Pinaya, W. H. D.; Lobon-Cervia, F. J.; Pita, P.; Buss de Souza, R.; Freire, J. Multispecies Fisheries in the Lower Amazon River and Its Relationship with the regional and Global Climate Variability. *PLOS ONE* 11(6): e0157050. 2016.

Planque, B.; Bellier, E.; Loots, C. Modelling the influence of environmental variability on the spatial dynamics of pelagic fish populations. *ICES Journal of Marine Science*, 64(8), 1490-1502. 2007.

Rasmusson, E. M.; Carpenter, T. H. Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation/El Niño, *Monthly Weather Review*, 110(5), 354-384. 1982.

Receita Federal do Brasil. Sistema Integrado de Comércio Exterior (Siscomex). Versão 2.0. Brasília, DF: Receita Federal do Brasil, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/aduaneiros/siscomex>. Acesso em: 20 mar. 2022.

Reynolds, R. W.; Rayner, N. A.; Smith, T. M.; Stokes, D. C.; Wang, W. An improved in situ satellite SST analysis for climate. *J. Climate*, 15, 1609-1625. 2002.

Richardson, A. J.; Schoeman, D. S. Climate impact on plankton ecosystems in the Northeast Atlantic. *Science*, 305(5690), 1609-1612. 2004.

Rivas, L. R. Review of the *Lutjanus campechanus* complex of red snappers. *Quarterly Journal of the Florida Academy of Sciences* 29: 117-136. 1966.

Roesch, A.; Schmidbauer H. *WaveletComp: Computational Wavelet Analysis*, R package version 1.1. 2018.

Rouault, M.; Tomety, F. S. Impact of El Niño–Southern Oscillation on the Benguela Upwelling. *Journal of Physical Oceanography* 52(10). 2022.

Sales, A. D.; Furtado-Júnior, I.; Holanda, F. C. A. F. Levantamento e caracterização da frota pesqueira na região de Bragança, estado do Pará - Litoral Amazônico, Brasil. in: Cordeiro, Carlos & Sampaio, Dioniso & Fonteles Holanda, Francisco Carlos Alberto. *Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos*. v. 2. 2021.

Secretaria de Aquicultura e Pesca. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. MONITORAMENTO E ORDENAMENTO DA PESCA DO PARGO – 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/cadastro-registro-e-monitoramento/monitoramento-e-ordenamento-da-pesca-do-pargo/2022>. Acesso em: 05 nov. 2022.

Silva, A. C. da .; Araújo, M.; Bourlès, B. Variação sazonal da estrutura de massas de água na plataforma continental do Amazonas e área oceânica adjacente. *Revista Brasileira De Geofísica*, 23(2), 145–157. 2005.

Silva, I. R.; Pereira, L. C. C.; Guimarães, D.; Trindade, W. N.; Asp, N. E., Costa, R. M. Environmental Status of Urban Beaches in São Luís (Amazon Coast, Brazil). *Journal of Coastal Research*, 56, 1301-1305. 2009.

Souza, E. B.; Kayano, M. T.; Tota, J.; Pezzi, L.; Fisch, G.; Nobre, C. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. Uma revisão sobre o Padrão de Dipolo no Oceano Atlântico Tropical. *Acta Amazonica*. v.30, n.2, p.305-318. 2000.

Souza, R. F. C.; Ivo, C. T. C; Souza, R. A. L. Aspectos da reprodução do pargo, *Lutjanus purpureus* (Poey, 1875), na costa Norte do Brasil. *Boletim Técnico Científico CEPNOR* 3(1): 107-121. 2003.

Souza, R. F. C.; Ivo, C. T. C.; Souza, R. A. L. Análise da estrutura de comprimento e biometria do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, 1875, capturado na plataforma continental da região norte do Brasil. *Bol. Tec. Cient. do Cepnor* 6 , 61–78. 2006.

Souza, R. F. C.; Pantaleão, G. S. L.; Fonseca, A. F.; Ivo, C. T. C. Sobre a estratificação espacial do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, 1875, em áreas de pesca da região Norte do Brasil. *Bol. Tec. do CEPNOR* 8 , 75–82. 2008.

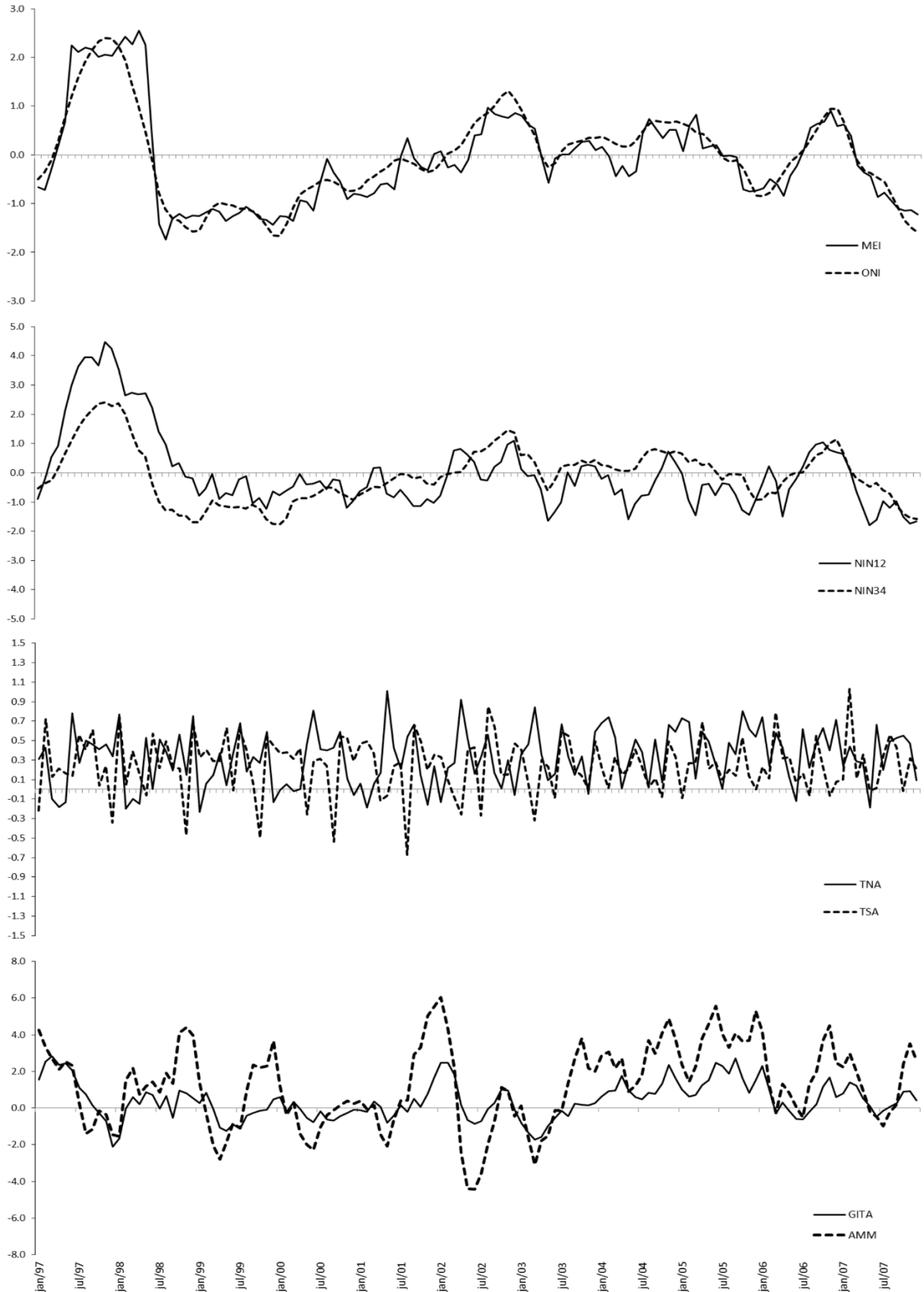
Souza, C. A.; Reboita, M. S. Ferramenta para o Monitoramento dos Padrões de Teleconexão na América do Sul. *Terrae Didática*, Campinas, SP, v. 17, n. 00, p. e02109, 2021.

Sumaila, U. R.; Cheung, W. W.; Lam, V. W.; Pauly, D.; Herrick, S. Climate change impacts on the biophysics and economics of world fisheries. *Nature Climate Change*, 1(9), 449-456. 2011.

- Szedlmayer, S. T.; Lee, J. D. Diet shifts of juvenile red snapper (*Lutjanus campechanus*) with changes in habitat and fish size. *Fishery Bulletin*, v.102(2) pp366-375. 2004.
- Thorson, J. T.; Maunder, M. N.; Punt, E. The development of spatio-temporal models of fishery catch-per-unit-effort data to derive indices of relative abundance. *Fisheries Research*, V.230. 2020.
- Torrence, C.; Campo, J. P. A practical guide to wavelet analysis. *Bul. of the American Meteorological Society*. v.79, n.1, p. 61-78, 1998.
- Trenberth, K. E. The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 78, p. 2771-2777, 1997.
- Trenberth, K. E. Stepaniak, D. P. Indices of El Niño evolution. *J. Climate* 14, 1697–701. 2001.
- Tzeng, W. N.; Tseng, Y. H.; Han, Y. S.; Hsu, C. C.; Chang, C. W.; Di Lorenzo, E.; Hsieh, C. H. Evaluation of multiscale climate effects on annual recruitment levels of the Japanese Eel, *Anguilla japonica*, to Taiwan. *PLoS ONE* 7(2): e30805. 2012.
- Wolter, K.; Timlin, M. S. Measuring the strength of ENSO – how does 1997/98 rank? *Weather*. v.53, p.315-324. 1998.
- Wolter, K.; Timlin, M. S. El Niño/Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI. ext). *International Journal of Climatology*, v. 31, n. 7, p. 1074-1087, 2011.
- Wood, S. N. Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society*, 73 (1), 3-36. 2011.
- Ximenes, M. O. C.; Fonteles-Filho, A. A. Estudo de idade e crescimento do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey (Pisces: Lutjanidae), no Norte e Nordeste do Brasil. *Arquivos de ciências do mar*, v. 27, p. 69–81, 1988.
- Yamazaki, D.; Lee, H.; Alsdorf, D. E.; Dutra, E.; Kim, H.; Kanae, S.; Oki, T. Analysis of the water level dynamics simulated by a global river model: A case study in the Amazon River. *Water Resour. Res.*, 48. 2012.

## ANEXO 1

Séries temporais do Índices de Temperatura da Superfície do Mar do Oceano Pacífico e Atlântico. Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).



## ANEXO 2

Normas para submissão de artigos científicos e originais autorais para a revista *Fisheries Research* disponível em: <https://www.elsevier.com/journals/fisheries-research/0165-7836/guide-for-authors>

### PREPARATION

#### Queries

For questions about the editorial process (including the status of manuscripts under review) or for technical support on submissions, please visit our Support Center.

#### Peer review

This journal operates a single anonymized review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. Editors are not involved in decisions about papers which they have written themselves or have been written by family members or colleagues or which relate to products or services in which the editor has an interest. Any such submission is subject to all of the journal's usual procedures, with peer review handled independently of the relevant editor and their research groups. More information on types of peer review. Use of word processing software It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

#### Article structure

##### *Subdivision - numbered sections*

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

##### *Introduction*

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

##### *Material and methods*

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly



from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

#### *Theory/calculation*

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

#### *Results*

Results should be clear and concise.

#### *Discussion*

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

#### *Conclusions*

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

#### *Appendices*

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

### **Essential title page information**

- Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- Author names and affiliations. Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.
- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### **Highlights**

Highlights are mandatory for this journal as they help increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: [example Highlights](#).

Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

### **Abstract**

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

### *Graphical abstract*

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view Example Graphical Abstracts on our information site.

### **Keywords**

Immediately after the abstract, provide a maximum of 5 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords are important because they will be used for indexing purposes.

### *Abbreviations*

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

### *Acknowledgements*

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

### *Formatting of funding sources*

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, it is recommended to include the following sentence: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors and Editors are also, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the International Code of Botanical Nomenclature, the International Code of Nomenclature of Bacteria, and the International Code of Zoological Nomenclature. All biota (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

#### *Math formulae*

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

#### *Footnotes*

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

#### **Artwork**

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.
- Ensure that color images are accessible to all, including those with impaired color vision.

A detailed guide on electronic artwork is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

### *Formats*

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below): EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts. TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi. TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

### *Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF) or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) in addition to color reproduction in print. Further information on the preparation of electronic artwork.

### *Figure captions*

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

### *Text graphics*

Text graphics may be embedded in the text at the appropriate position. If you are working with LaTeX and have such features embedded in the text, these can be left. See further under Electronic artwork.

### **Tables**

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added.

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

MSc or BSc dissertations are not allowed as bibliographic references, however, theses from higher degrees (e.g. PhD) are allowed. Citation of a reference as "in press" implies that the item has been accepted for publication.

#### *Reference links*

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, Crossref and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

#### *Web references*

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

#### *Data references*

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

#### *Preprint references*

Where a preprint has subsequently become available as a peer-reviewed publication, the formal publication should be used as the reference. If there are preprints that are central to your work or that cover crucial developments in the topic, but are not yet formally published, these may be referenced. Preprints should be clearly marked as such, for example by including the word preprint, or the name of the preprint server, as part of the reference. The preprint DOI should also be provided.

#### *References in a special issue*

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

#### *Reference management software*

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles,

such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes from different reference management software.

### *Reference formatting*

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/ book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

### **Data visualization**

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions here to find out about available data visualization options and how to include them with your article.

### **Supplementary material**

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

### **Research data**

This journal requires and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. When sharing data in one of these ways, you are expected to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the research data page.

### *Data linking*

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the database linking page.

For supported data repositories a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect. In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

### **Research Elements**

This journal enables you to publish research objects related to your original research – such as data, methods, protocols, software and hardware – as an additional paper in a Research Elements journal. Research Elements is a suite of peer-reviewed, open access journals which make your research objects findable, accessible and reusable. Articles place research objects into context by providing detailed descriptions of objects and their application, and linking to the associated original research articles. Research Elements articles can be prepared by you, or by one of your collaborators. During submission, you will be alerted to the opportunity to prepare and submit a manuscript to one of the Research Elements journals. More information can be found on the Research Elements page.

### *Data statement*

To foster transparency, we require you to state the availability of your data in your submission if your data is unavailable to access or unsuitable to post. This may also be a requirement of your funding body or institution. You will have the opportunity to provide a data statement during the submission process. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the Data Statement page.