

# CIÊNCIAS DO MAR:

dos oceanos  
do mundo ao  
Nordeste do Brasil

**Volume** **2**  
Bioecologia,  
Pesca e  
Aquicultura

Danielle de Lima Viana  
Jorge Eduardo Lins Oliveira  
Fábio Hissa Vieira Hazin  
Marco Antonio Carvalho de Souza

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry, no matter how small, should be recorded to ensure the integrity of the financial data. This includes not only sales and purchases but also expenses, transfers, and adjustments. The text explains that consistent record-keeping is essential for identifying trends, managing cash flow, and preparing for tax obligations.

Next, the document covers the process of reconciling bank statements. It provides a step-by-step guide on how to compare the company's internal records with the bank's records to identify any discrepancies. Common reasons for differences, such as bank fees, interest, or timing issues, are discussed. The importance of resolving these discrepancies promptly is highlighted to prevent errors from compounding over time.

The third section focuses on budgeting and financial forecasting. It outlines how to create a realistic budget based on historical data and market conditions. The text discusses various forecasting techniques, such as trend analysis and ratio analysis, and provides examples of how to apply them. It stresses that a well-defined budget is crucial for setting financial goals and monitoring performance against those goals.

Finally, the document addresses the importance of regular financial reviews. It suggests that management should hold regular meetings to discuss the company's financial health, review key performance indicators, and make necessary adjustments to the budget or strategy. The text concludes by emphasizing that proactive financial management is the key to long-term success and sustainability.

# CIÊNCIAS DO MAR:

dos oceanos  
do mundo ao  
Nordeste do Brasil

**Volume 2**  
Bioecologia, Pesca e  
Aqüicultura

Danielle de Lima Viana  
Jorge Eduardo Lins Oliveira  
Fábio Hissa Vieira Hazin  
Marco Antonio Carvalho de Souza

Recife, 2021  
Via Design Publicações

## Editores

### Danielle de Lima Viana

Doutora em Oceanografia na  
Universidade Federal de Pernambuco

Pesquisadora do Departamento de Pesca  
e Aquicultura da Universidade Federal  
Rural de Pernambuco

vianadl@yahoo.com

### Jorge Eduardo Lins Oliveira

Doutor em Biologia Marinha na  
Université Marie et Pierre Curie  
-Paris 6-França

Professor Titular do Departamento  
de Oceanografia e Limnologia da  
Universidade Federal do Rio Grande  
do Norte

jorgelins@me.com

### Fábio Hissa Vieira Hazin

Doutor em em Marine Science and  
Technology/Fisheries Oceanography, na  
Tokyo University of Marine Science and  
Technology

Professor Titular do Departamento de  
Pesca e Aquicultura da Universidade  
Federal Rural de Pernambuco

fabio.hazin@ufrpe.br

### Marco Antonio Carvalho de Souza

Capitão de Fragata da Marinha do Brasil

Secretaria da Comissão Interministerial  
para os Recursos do Mar-SECIRM

Coordenador do Programa PROILHAS

marco.carvalho@secirm.mar.mil.br

## Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem essa obra foram  
submetidos à avaliação de um Conselho Revisor,  
bem como revisados por pares, sendo indicados  
para publicação.

## Conselho revisor

Danielle de Lima Viana  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

David Mendes  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Fábio Hissa Vieira Hazin  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Fabrcio Berton Zanchi  
Universidade Federal do Sul da Bahia

Fernando Manuel Raposo Morgado  
Universidade de Aveiro- Portugal

Francisco Sekiguchi Buchmann  
Universidade Estadual Paulista

Fúlvio Aurélio de Moraes Freire  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

George Satander Sá Freire  
Universidade Federal do Ceará

Helena Lopes Galasso  
Université de Montpellier, Ecole Doctorale GAIA

Igor da Mata Oliveira  
Universidade Federal de Alagoas

João Paulo Machado Torres  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Jorge Eduardo Lins Oliveira  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Luis Henrique Poersch  
Universidade Federal do Rio Grande

Marcelo Roberto Souto de Melo  
Universidade de São Paulo

Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pollyana Christine Gomes Roque  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Roberto Fioravanti Carelli Fontes  
Universidade Estadual Paulista

Ronaldo Olivera Cavalli  
Universidade Federal do Rio Grande

Sérgio de Magalhães Rezende  
Centro Nacional de Pesquisa e Conservação  
da Biodiversidade  
Marinha do Nordeste-CEPENE

Teodoro Vaske Junior  
Universidade Estadual Paulista Julio de  
Mesquita Filho

Vanildo Souza de Oliveira  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

## Projeto gráfico e diagramação

Via Design Publicações

## Foto capa

Renato Albuquerque

Todo o conteúdo científico apresentado  
nos capítulos dessa obra são de exclusiva  
responsabilidade dos respectivos autores,  
incluindo as informações referentes aos  
créditos das fotos e imagens, excetuando-se  
as imagens que abrem os capítulos.

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Ciências do mar : dos oceanos do mundo ao nordeste do Brasil : bioecologia, pesca e  
aquicultura : volume 2 / [editores]Danielle de Lima Viana  
... [et al.].-- 1. ed.-- Olinda, PE : Via Design Publicações, 2021.

Outros editores : Jorge Eduardo Lins Oliveira, Fábio Hissa Vieira Hazin, Marco Antonio  
Carvalho de Souza.

ISBN 978-65-995372-0-2

1. Aquicultura 2. Ciências 3. Ecologia 4. Mares 5. Oceanos 6. Pesca I. Oliveira, Jorge  
Eduardo Lins. II. Hazin, Fábio Hissa Vieira. III. Souza, Marco Antonio Carvalho de.

21-70615

CDD-551.46

## Índices para catálogo sistemático:

1. Mares e oceanos : Oceanografia 551.46  
Aline Grazielle Benitez- Bibliotecária- CRB-1/3129

-----● Prefácio **4**

Apresentação **6**

**1** Oceanografia biológica **8**

Drausio Pinheiro VÉRAS

Luísa Valentim Melo de Vasconcelos Queiroz VÉRAS

**2** Fitoplâncton marinho tropical **42**

Pedro Augusto Mendes de Castro MELO

Amanda Yumi OTSUKA

Christiana Kelly da Silva GREGO

Enide ESKINAZI-LEÇA

Eveline Pinheiro de AQUINO

Fernando Antonio do Nascimento FEITOSA

Gabriel Bittencourt FARIAS

Gislayne Cristina Palmeira BORGES

Kaio Henrique Farias da SILVA

Leandro Cabanez FERREIRA

Marcella Guennes Tavares de OLIVEIRA

Marius Nils MÜLLER

Nayana Buarque Antão da SILVA

Sírleis Rodrigues LACERDA

Maria da Glória Gonçalves da Silva CUNHA

**3** Zooplâncton marinho tropical **66**

Sigrid NEUMANN-LEITÃO

Renata Polyana de Santana CAMPELO

Simone Maria Albuquerque LIRA

Kaio Henrique Farias da SILVA

Mauro MELO JUNIOR

**4** Macroalgas marinhas: biologia, ecologia e importância econômica **90**

Eliane MARINHO-SORIANO

Marcella A. Amaral CARNEIRO

**5** Cefalópodes do Nordeste Brasileiro **120**

Françoise Dantas de LIMA

Lorena Candice de Araujo ANDRADE

Sylvia Lima de Souza MEDEIROS

**6** Crustáceos malacostracos marinhos: aspectos ecomorfológicos dos principais grupos do Nordeste do Brasil **148**

Jesser F. SOUZA-FILHO

Catarina de Lourdes ARAÚJO-SILVA

Débora Lucatelli de ALBUQUERQUE

Marina de Sá Leitão Câmara de ARAÚJO

**7** Comunidades bentônicas marinhas: conceitos básicos com ênfase no Nordeste do Brasil **184**

Jesser F. SOUZA-FILHO

José Souto ROSA-FILHO

**8** Elasmobrânquios marinhos do Nordeste Brasileiro **204**

Natalia Priscila Alves BEZERRA

Ana Rita Onodera Palmeira NUNES

Danielle de Lima VIANA

Ilka Siqueira Lima Branco NUNES

Mariana Gomes do RÊGO

Pollyana Christine Gomes ROQUE

Fábio Hissa Vieira HAZIN

**9** Mamíferos aquáticos na região Nordeste do Brasil **236**

Manuela BASSOI

Lara Cunha LOPES

Renata S. SOUSA-LIMA

**10** Introdução à oceanografia pesqueira **264**

Fábio Hissa Vieira HAZIN

Paulo TRAVASSOS

Bruno MOURATO

**11** O ordenamento pesqueiro brasileiro, competência e instrumentos de gestão **290**

Ana Sílvia Costa SILVINO

Fábio Hissa Vieira HAZIN

**12** Bioestatística e a avaliação de estoques **322**

Marcelo Francisco de NÓBREGA

Rosângela P. Teixeira LESSA

**13** Geoestatística aplicada às ciências pesqueiras **350**

Marcelo Francisco de NÓBREGA

**14** Atividade pesqueira artesanal no Nordeste do Brasil **374**

Flávia LUCENA-FRÉDOU

Leandro Nolé EDUARDO

Alex Souza LIRA

Latifa PELAGE

Rafaela PASSARONE

Thierry FRÉDOU

**15** O conhecimento ecológico local (CEL) e a gestão compartilhada no manejo de recursos pesqueiros **406**

Edilma Fernandes da SILVA

Alexandre SCHIAVETTI

Jorge Eduardo LINS OLIVEIRA

**16** Pesca fantasma e seus impactos invisíveis no Nordeste do Brasil **428**

Danielle de Lima VIANA

Sidney Marcelo Victor de ANDRADE

Jorge Eduardo LINS OLIVEIRA

Fábio Hissa Vieira HAZIN

**17** Malacocultura e piscicultura marinha **450**

Ícaro Gomes ANTONIO

David Araújo BORGES

Karina RIBEIRO

Rodrigo Antonio Ponce de Leon Ferreira de CARVALHO

**18** Carcinicultura marinha e sistemas multitróficos **480**

Rodrigo Antonio Ponce de Leon Ferreira de CARVALHO

Karina RIBEIRO

Ícaro Gomes ANTONIO

David Araújo BORGES



# PREFÁCIO



## CIÊNCIAS DO MAR: BELEZA DE SABER

Significa especial privilégio para o Reitor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte apresentar um livro como este “*Ciências do Mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil*”.

Concebido como material didático para pesquisadores e estudantes das áreas das Ciências Biológicas, Engenharia de Pesca e de Aquicultura, Ecologia, Oceanografia e Geologia, dentre outras, reflete um notável esforço acadêmico, ao reunir mais de 50 pesquisadores de 17 universidades e institutos de pesquisa.

Para torná-lo realidade, houve decisivo apoio do Programa de Pesquisas Científicas nas Ilhas Oceânicas (PROILHAS), por meio da integração SECIRM – UFRN – FUNPEC.

O resultado é esse: dois belos volumes disponibilizando informações preciosas da realidade da região Nordeste do Brasil, advindas de pesquisadores que atuam na área das Ciências do Mar, incluindo o Programa de Pesquisas Científicas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (PROARQUIPELAGO), coordenado pela SECIRM / MARINHA DO BRASIL.

Não posso deixar de registrar meu entusiasmo diante da riqueza do conteúdo e da beleza da obra, tão rica que exigiu uma edição em dois volumes para conforto e deleite do leitor. Por ela é possível comprovar que ciência e beleza, longe de se excluírem, podem e devem convergir no esforço de difundir conhecimento com inspiração.

É o que comprova este manual com seguras orientações para iniciar uma bela viagem científica.

Natal, julho de 2021.

**José Daniel Diniz Melo**

Reitor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

# APRESENTAÇÃO



Após a realização de várias conferências e fóruns internacionais realizados na busca de se alcançar o Desenvolvimento Sustentável, foi implementado em 2005 pela ONU, o Plano Internacional denominado “Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável - EDS” (2005 a 2014). Este Plano tinha como objetivo maior o desenvolvimento da educação como vetor para a promoção de valores, atitudes, capacidades e comportamentos, tendo o combate à degradação ambiental como um dos seus principais alvos. Concluída a EDS em 2014 sem que resultados significativos tenham sido alcançados e no intuito de dar continuidade às ações já iniciadas, a ONU estabeleceu em 2015, a “Agenda para o Desenvolvimento Sustentável”, na qual estão previstos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que devem ser alcançados por todos os países até 2030.

Nesta agenda, destaca-se o Objetivo 14 - "Vida na Água", que tem o intuito de promover a conservação dos ecossistemas marinhos e costeiros, através do uso sustentável de seus recursos naturais. Neste contexto, a ONU em 2017, considerando a urgência na promoção de ações efetivas e buscando cumprir os compromissos da Agenda 2030, proclamou a "Década da Ciência Oceânica

para o Desenvolvimento Sustentável", a ser implementada no período de 2021 a 2030.

O Brasil, com sua extensa área marítima, denominada Amazônia Azul, que equivale a 67% de todo o território terrestre e que desempenha um papel fundamental no desenvolvimento do país, por ser a principal via de transporte marítimo, por seus recursos naturais, sua imensa biodiversidade e suas riquezas minerais, se insere na Agenda 2030 por meio do X Plano Setorial para os Recursos do Mar (X PSRM), desenvolvido no âmbito da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), cuja aprovação foi publicada no Decreto nº 10.544, de 16 de novembro de 2020. O referido Plano tem como propósito sistematizar as atividades de pesquisa para atender à demanda de informações sobre os recursos naturais e energéticos das Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), ilhas oceânicas e áreas marítimas internacionais de interesse, propiciando condições para a exploração sustentável e o monitoramento efetivo da Amazônia Azul, o que contribui para o enfrentamento de situações emergenciais, como alterações climáticas significativas, e para o desenvolvimento e implementação da Economia Azul. O X PSRM enfoca a contribuição para a implementação dos aspectos da Agenda 2030



ligados aos oceanos e a Zona Costeira, bem como dos compromissos assumidos relacionados aos ODS, uma vez que cada uma das ações previstas no mesmo, guarda estreita relação com as metas do ODS 14.

Além disso, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCTI), que é um dos membros da CIRM e tem por função promover e coordenar a participação do País em atividades da Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI/UNESCO) relativas às Ciências Oceânicas, também lançou, em 2020, a "Década da Ciência Oceânica no Brasil". Através de seu Programa Ciência no Mar, cujo objetivo principal é a promoção do conhecimento que permita a exploração sustentável dos recursos naturais marinhos, o MCTI busca envolver instituições de ensino e pesquisa nacionais, promovendo as Ciências do Mar, integrando cientistas, instituições governamentais e sociedade como um todo, no intuito de assegurar a conservação e o uso sustentável da nossa Amazônia Azul.

Neste esforço nacional para a "Década da Ciência Oceânica no Brasil", consideramos oportuno o lançamento desta obra, que visa contribuir para que se promova o conhecimento e o uso racional e sustentável dos recursos marinhos, equilibrando

as demandas para o desenvolvimento, com a proteção do meio ambiente. A colaboração e dedicação de mais de 50 autores de diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais, nos permitiu reunir informações sobre as diversas áreas do conhecimento inseridas nas Ciências do Mar, apresentadas em dois volumes e 32 capítulos. O volume 1, com 14 capítulos, aborda os temas relacionados ao Oceano, Clima, Ambientes e a Conservação, enquanto o volume 2, com 18 capítulos, trata sobre a Bioecologia Marinha, a Pesca e a Aquicultura.

Esperamos que esta obra contribua para atender as necessidades dos professores e estudantes dos diversos cursos de graduação e programas de pós-graduação associados ao ensino das Ciências do Mar no Brasil, fornecendo subsídios teóricos e científicos para melhor contextualizar a compreensão dos nossos mares e oceanos. Foi para todos nós uma grande honra termos tido o privilégio de participar da construção desse trabalho, que dedicamos a todos os estudantes que direcionam sua formação para um conhecimento mais aprofundado da nossa Amazônia Azul.

# OCEANOGRRAFIA BIOLÓGICA

1

Drausio Pinheiro VÉRAS<sup>1</sup>  
Luísa Valentim M. de Vasconcelos Queiroz VÉRAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST/UFPE

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco - UFPE



## 1. INTRODUÇÃO

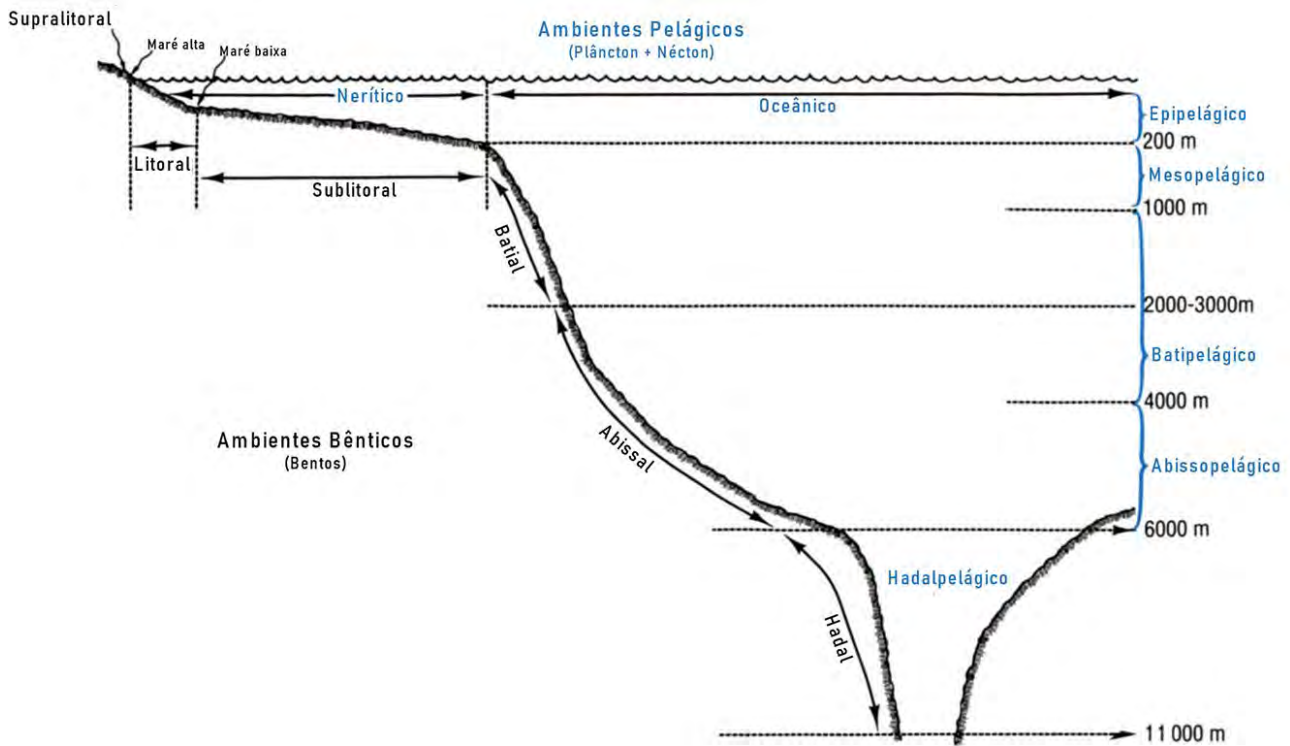
Os oceanos do planeta ocupam aproximadamente 71% da superfície da Terra, atingindo profundidades de até 11.000 m, e com profundidade média de cerca de 3.800 m. O volume total do ambiente marinho fornece aproximadamente 300 vezes mais espaço para a vida do que aqueles fornecidos pela terra e água doce combinadas. Os oceanos são essenciais para a vida do planeta desde seus tempos remotos. Eles surgiram entre 4.400 e 3.500 milhões de anos e todos os filos conhecidos se originaram no mar, havendo mais filos de animais nos oceanos do que em água doce ou em terra. Por isso acredita-se que os primeiros organismos se originaram nos oceanos antigos, milhões de anos antes que qualquer forma de vida aparecesse em terra firme.

O oceano pode ser subdividido de duas grandes formas. A primeira grande subdivisão se dá em ambiente pelágico, representado pelas águas oceânicas abertas e o ambiente bentônico, contendo a região marinha situada próxima ao fundo oceânico. A segunda forma subdivide o oceano em duas regiões baseadas na profundidade e distância da terra, sendo a separação feita no limite de profundidade próximo aos 200 m que geralmente marca a quebra da plataforma continental. A divisão se dá na região nerítica localizada acima dos 200 metros e a região oceânica incluindo toda a área marinha abaixo dessa profundidade (Fig. 1.1) (Ver capítulo: Ciências do mar: origem, conceitos e fundamentos - Vol.1).

A Oceanografia Biológica é a ciência que estuda as relações ecológicas intra e interespecíficas entre os organismos marinhos e o seu habitat, buscando compreender a interação dos mecanismos biológicos que funcionam nos oceanos. Assim, a oceanografia biológica diverge da biologia marinha por estudar os organismos marinhos com um enfoque voltado a ecologia, sempre relacionando com os aspectos físicos (temperatura, salinidade e etc.), químicos (gases dissolvidos, nutrientes e etc.) e geológicos (substratos consolidados e não consolidados) do oceano. Em resumo, a Oceanografia Biológica estuda a biota (conjunto de seres vivos de um ecossistema) e a ecologia dos oceanos, buscando compreender a interação entre eles. Na Oceanografia Biológica os organismos estudados são divididos em basicamente 3 grupos, com base na porção que habitam do oceano e seus métodos de locomoção: plâncton, nécton e bentos.

## 2. O PLÂNCTON

No ambiente pelágico nós vamos encontrar dois tipos básicos de organismos marinhos, o plâncton e o nécton. No plâncton estão inseridos os organismos transportados passivamente pelos oceanos, pois por possuírem baixo poder de locomoção são levados pelas correntes. Estes organismos, entretanto, podem se deslocar



**Figura 1.1** As divisões ecológicas básicas dos oceanos. **Fonte** Lalli e Parsons (1997).

verticalmente, mas eles não podem determinar sua posição horizontal dentro do oceano. A palavra plâncton (do grego *Plagktós*) significa “errantes”. O plâncton é incrivelmente abundante e importante no ambiente marinho. Na verdade, a maior parte da biomassa da Terra (a massa dos organismos vivos), consiste de plâncton à deriva nos oceanos e mesmo que 98% das espécies marinhas estejam no ambiente bentônico, a grande maioria da biomassa do oceano é planctônica.

## 2.1. Tipos de plâncton

O plâncton pode ser classificado com base em seus estilos de alimentação. Os que produzem seu próprio alimento, seja por fotossíntese ou quimiossíntese, são denominados de autotróficos.

O plâncton autotrófico contém o fitoplâncton (parte vegetal) e o bacterioplâncton (bactérias autótrofas). Já o plâncton que não produz seu próprio alimento e depende de alimentos produzidos por outros organismos é denominado heterotrófico. O plâncton heterotrófico contém o zooplâncton (parte animal), que inclui os animais marinhos errantes, e o bacterioplâncton, que consome matéria orgânica (bactérias saprófagas). O plâncton também inclui os vírus, que são chamados de virioplâncton. O virioplâncton é uma ordem de magnitude menor que o bacterioplâncton e são igualmente pouco conhecidos. O papel dos vírus nas comunidades planctônicas ainda não é bem compreendido, mas podem limitar a abundância de outros tipos de plâncton por infecção.

Plâncton	Fentoplâncton 0,02-0,2 µm	Picoplâncton 0,2-2,0 µm	Nanoplâncton 2,0-20 µm	Microplâncton 20-200 µm	Mesoplâncton 02-20 mm	Macroplâncton 2-20 cm	Megaplâncton 20-200 cm	
Nécton						Nécton centimétrico 2-20 cm	Nécton decimétrico 2-20 dm	Nécton métrico 2-20 m
Virioplâncton	██████████							
Bacterioplâncton		██████████						
Micoplâncton			██████████					
Fitoplâncton			██████████	██████████				
Protozooplâncton			██████████	██████████				
Metazooplâncton					██████████	██████████	██████████	
Nécton							██████████	██████████

Figura 1.2 Escala de graduação para a classificação de tamanho de organismos pelágicos. Fonte Lalli e Parsons (1997).

Embora o plâncton possa ser classificado como fitoplâncton, zooplâncton, bacterioplâncton ou virioplâncton, eles também podem ser classificados de acordo com a porção de seu ciclo de vida como plâncton. Organismos que passam a vida inteira no plâncton são chamados de holoplâncton. Muitos organismos que passam a vida adulta como nécton ou bentos passam seus estágios jovens ou larvais como plâncton. Esses organismos são chamados de meroplâncton.

Embora muitas espécies planctônicas sejam microscópicas, o termo não é sinônimo de tamanho pequeno. Alguns organismos do zooplâncton incluem águas-vivas com metros de diâmetro de exumbrela. Sendo assim, o plâncton também pode ser classificado com base no seu tamanho (Fig. 1.2).

### 2.1.1. Fitoplâncton

O fitoplâncton são os organismos vegetais. É o produtor primário dominante no ambiente pelágico e pode converter compostos inorgânicos como nitrato, fosfato e enxofre em compostos orgânicos como os carboidratos, lipídios e proteínas, através do processo da fotossíntese, e por isso são a base da cadeia alimentar marinha. A produtividade primária é a taxa na qual a energia é armazenada pelos organismos através da formação de matéria orgânica (compostos a base de carbono) usando energia derivada da radiação solar durante a fotossíntese ou de reações químicas durante a quimiossíntese. Esta matéria orgânica pode em seguida, ser usada como alimento para outros organismos, considerando que 99,9% da biomassa do oceano depende direta ou indiretamente de compostos orgânicos fornecidos pela produtividade primária fotossintética como sua fonte de alimento (Ver capítulo: Fitoplâncton marinho tropical).

O fitoplâncton é extremamente diverso, com mais de 5.000 espécies registradas e descritas taxonomicamente, podendo ser destacado em relação aos principais representantes (Tab. 1.1).

**Tabela 1.1** Principais grupos taxonômicos e representantes do fitoplâncton marinho. Lalli e Parsons (1997).

Classe	Nome comum	Área(s) de predominância	Gêneros comuns
Cyanobacteria	Cianofíceas	Tropical	<i>Oscillatoria</i>
Rhodophyceae	Algas vermelhas	Temperada fria	<i>Rhodella</i>
Cryptophyceae	Criptomonas	Costeira	<i>Cryptomonas</i>
Crysophyceae	Crisomonas	Costeira- águas frias	<i>Aureococcus</i>
Bacillariophyceae (Diatomophyceae)	Diatomáceas	Todas, especialmente costeiras	<i>Coscinodiscus</i> <i>Chaetoceros</i> <i>Rhizosolenia</i>
Raphidophyceae	Cloromonas	Salobras	<i>Heterosigma</i>
Xanthophyceae	Algas pardas	-	Muito rara
Eustigmatophyceae	-	Estuarina	Muito rara
Prymnesiophyceae	Cocolitoforídeos	Oceânica	<i>Emiliana</i>
	Primnesiomonas	Costeira	<i>Isochrysis</i> <i>Prymnesium</i>
Euglenophyceae	Euglenóides	Costeira	<i>Eutreptiella</i>
Prasinophyceae	Prasinomonas	Todas	<i>Tetraselmis</i> <i>Micromonas</i>
Chlorophyceae	Algas verdes	Costeira	Rara
Pyrrophyceae (Dinophyceae)	Dinoflagelados	Todas, especialmente as quentes	<i>Ceratium</i> <i>Gonyaulax</i> <i>Pratoperidinium</i>

### 2.1.2. Zooplâncton

Os animais que compõem o zooplâncton são taxonômica e estruturalmente diversos. Eles variam de organismos unicelulares e microscópicos a organismos com vários metros de comprimento, são heterotróficos e precisam obter o carbono e outros produtos químicos essenciais pela ingestão de materiais orgânicos. As espécies de zooplâncton podem ser classificadas dependendo de como sua energia é obtida: algumas espécies são herbívoras, outras são carnívoras, algumas predominantemente detritívoras, mas muitos representantes do zooplâncton, no entanto, são onívoros. Diferentes tipos de zooplâncton são frequentemente classificados em categorias que descrevem suas

dietas, tamanho e posições na cadeia alimentar, podendo ainda ser subdivididos em classificações com base no habitat (oceânico ou nerítico) e taxonomicamente (Tab. 1.2). Os ovos e larvas de peixes são chamados de ictioplâncton, assim como as fases larvais natatórias de muitos invertebrados bentônicos, como bivalves, gastrópodes, crustáceos e equinodermas. Alguns invertebrados marinhos bentônicos não possuem estágio larval livre natante, os jovens eclodem como adultos em miniatura a partir de ovos adesivos presos ao substrato, ou nascem diretamente dos pais. Porém, aproximadamente 70% das espécies bentônicas liberam ovos ou embriões na coluna de água, e as larvas resultantes tornam-se parte da comunidade do plâncton (Ver capítulo: Zooplâncton marinho tropical).

**Tabela 1.2** Principais grupos taxonômicos e representantes do zooplâncton holoplanctônico. Lalli e Parsons (1997).

Filo	Subgrupos	Gêneros comuns
Protozoa (protistas heterotróficos)	Dinoflagelados	<i>Noctiluca</i>
	Zooflagelados	<i>Bodo</i>
	Foraminíferos	<i>Globigerina</i>
	Radiolários	<i>Aulacantha</i>
	Ciliados	<i>Strombidium, Favella</i>
Cnidaria (Coelenterata)	Medusas	<i>Aglantha, Cyanea</i>
	Sifonóforos	<i>Physalia, Nanomia</i>
Ctenophora	Tentaculados	<i>Pleurobranchia</i>
	Nuda	<i>Beroe</i>
Chaetognatha	Quetognatos	<i>Sagitta</i>
Anellida	Poliquetos	<i>Tomopteris</i>
Mollusca	Heterópodos	<i>Atlanta</i>
	Tecossomos	<i>Limacina, Clio</i>
	Gimnossomos	<i>Clione</i>
Arthropoda (classe Crustacea)	Cladóceros	<i>Evadne, Podon</i>
	Ostrácodos	<i>Conchoecia</i>
	Copépodos	<i>Calanus, Oithona</i>
	Misidáceos	<i>Neomysis</i>
	Anfípodos	<i>Parathemisto</i>
	Eufausiáceos	<i>Euphausia</i>
	Decápodos	<i>Sergestes, Lucifer</i>
Urochordata	Apendiculários	<i>Oikopleura</i>
	Salpas	<i>Salpa, Pyrosoma</i>

O zooplâncton ainda possui espécies que vivem permanentemente na superfície do mar e cujos corpos ficam projetados parcialmente fora d'água. Esses organismos são chamados de plêuston e muitas vezes são considerados como uma categoria especial, pois seus organismos são transportados passivamente pelo vento e não pelas correntes. Outras espécies habitam há poucas dezenas de milímetros da superfície da água e são chamadas de nêuston. Ecologicamente, é difícil separar essas duas categorias, tratando-se em geral de uma comunidade facilmente encontrada em águas tropicais, sendo a maioria dos representantes espécies de água quente.

Uma das características comportamentais mais importantes do zooplâncton é a migração vertical que ocorre com periodicidade de 24 horas (diária) e é conhecida como migração vertical diária (MVD), também chamada migração circadiana. Esta migração é geralmente marcada pelo movimento ascendente de organismos em direção à superfície a noite e uma migração descendente para águas mais profundas durante o dia. Este fenômeno é conhecido desde a Expedição Oceanográfica Challenger (1872-1876) já tendo sido registrada em espécies de todos os principais grupos do zooplâncton (espécies de água doce também realizam). Em termos de biomassa, a MVD é a

maior migração do mundo, possuindo importante papel ecológico devido ao efeito cascata gerado nos outros níveis da cadeia alimentar. Ao irem em busca de alimento, consumidores primários, secundários e terciários também realizam a MDV, sendo ela realizada por muitas (mas não todas) espécies epipelágicas e mesopelágicas. Embora poucos estudos tenham sido realizados em espécies que habitam regiões mais profundas, a migração vertical diária também foi observada em alguns camarões (krill) batipelágicos do gênero *Bentheuphausia*.

Em geral, no entanto, existem três padrões observados na migração do zooplâncton marinho, adaptado de Lalli e Parsons (1997):

- 1) Migração noturna:** caracterizada por uma única subida diária, geralmente começando perto do pôr do sol, e uma única descida que ocorre perto do nascer do sol. Este é o padrão mais comum exibido pelo zooplâncton marinho.
- 2) Migração crepuscular:** é caracterizada por duas subidas e duas descidas a cada 24 horas. uma subida ocorre no pôr do sol a uma profundidade noturna-mínima, mas durante à noite há uma descida chamada “afundar da meia-noite”. Ao amanhecer, os animais novamente sobem em direção à superfície e, mais tarde, descem até a profundidade diurna habitual.
- 3) Migração reversa:** é o padrão menos comum. É caracterizado por uma subida até a superfície durante o dia e uma descida a noite até a profundidade máxima que frequentam.

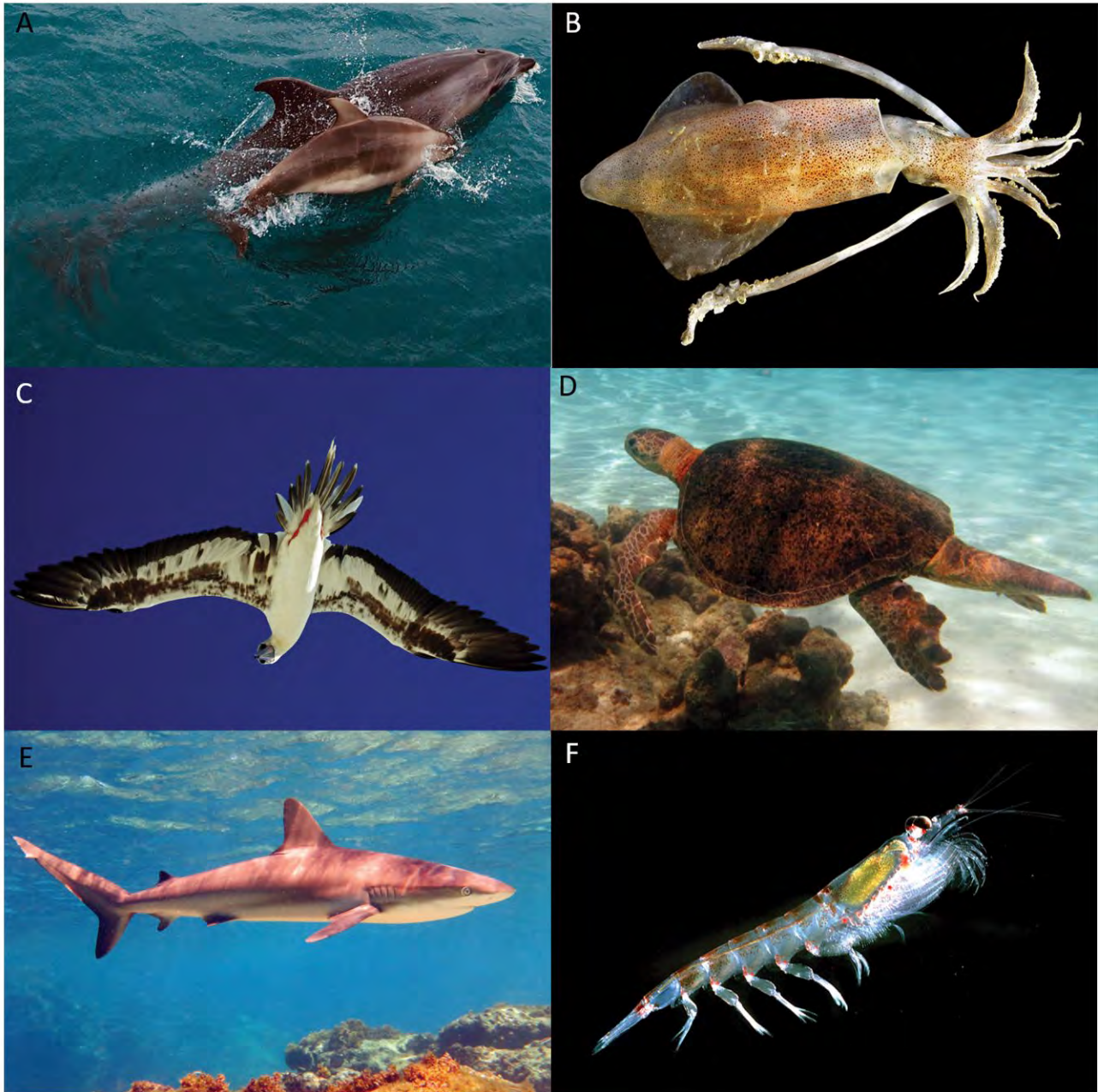
## 3. O NÉCTON

O nécton (*nektos* = nadadores) inclui todos os animais capazes de se moverem independentemente das correntes oceânicas por natação ou outros meios de propulsão. Eles são capazes não só de determinar suas próprias posições dentro do oceano, mas também, em muitos casos, de realizar longas migrações. O nécton inclui a maioria dos peixes, cefalópodes, alguns crustáceos, mamíferos marinhos, répteis marinhos e aves marinhas (Fig. 1.3) (Ver capítulos: [Cefalópodes do Nordeste Brasileiro](#); [Crustáceos malacostracos marinhos: aspectos ecomorfológicos dos principais grupos do Nordeste do Brasil](#); [Mamíferos aquáticos na região Nordeste do Brasil](#); [Comunidades bentônicas marinhas: conceitos básicos com ênfase no Nordeste do Brasil](#)).

### 3.1. Crustáceos nectônicos

Krill é o nome coletivo de um conjunto de espécies que se assemelham ao camarão, e que taxonomicamente pertencem a ordem Euphausiacea. Os eupausídeos merecem uma atenção especial por que são um recurso explorado, e em particular, por serem um grupo excessivamente abundante. Embora raramente usados para alimentação humana, estes grandes eupausídeos (5-6 cm de comprimento) podem ser secos e processados para a fabricação de ração para a criação de gado, aves e peixes. O krill é uma espécie base da cadeia alimentar na região da Antártida, com o consumo estimado em cerca de 500 milhões de toneladas por ano. As frotas russas e japonesas começaram a pescar o krill na década de 1960 e o pico de captura foi de 446.000 t em 1986. Considerações econômicas encerraram a exploração russa, e em 1994 a captura comercial foi de apenas cerca de 100.000 t, realizadas por frotas do Japão e do Chile. As consequências ecológicas da remoção de um grande número de krill no equilíbrio das





**Figura 1.3** Representantes dos principais grupos que compõem o nécton. **A)** Golfinho, **B)** Lula, **C)** Ave marinha, **D)** Tartaruga marinha, **E)** Tubarão e **F)** Krill. **Fotos A)** Foto by Adrien Aletti on Unsplash; **B)** [https://commons.wikimedia.org/wiki/Teuthida#/media/File:Loligo\\_vulgaris.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Teuthida#/media/File:Loligo_vulgaris.jpg); **C), D)** e **E)** Drausio Vêras e **F)** <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Krill666.jpg#file>.

populações no ecossistema antártico ainda não são claros, mas tendo o mesmo um papel central para a cadeia alimentar da Antártica, existem motivos para preocupação na exploração desse recurso.

### 3.2. Cefalópodes nectônicos

As lulas, chocos (sépias) e polvos são os membros do filo molusca que compõem a classe Cefalópode. As lulas são os representantes com maior destaque entre os cefalópodes nectônicos por possuírem tamanhos que variam de alguns centímetros até mais de 20 metros de comprimento e 270 kg de peso (lula gigante, *Architeuthis*). Sendo assim são considerados os maiores de todos os invertebrados vivos. Todas as lulas nadam por propulsão, ejetando jatos de água de seu sifão, possuindo habilidades de natação e manobrabilidade tão eficientes quanto os peixes. Algumas das maiores espécies de lula são capazes de alcançar velocidades de cerca de  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Muitas das espécies de lula por serem bastante abundantes são amplamente pescadas e junto com os peixes formam a principal fonte de alimentação humana em alguns países. As lulas constituem aproximadamente 70% da captura atual de cefalópodes e estimativas indicam que a captura pode ser aumentada sensivelmente. No mundo, a potencial captura de lulas já foi estimada, de forma super-projetada, em 10 milhões de toneladas anuais. Segundo a FAO (2020) as capturas de cefalópodes diminuíram para cerca de 3,6 milhões de toneladas em 2017 e 2018, de seu pico de capturas de 4,9 milhões em 2014, mas permaneceram em níveis relativamente altos marcando seu crescimento quase contínuo nos últimos 20 anos.

### 3.3. Répteis marinhos

Se formos comparar com os outros grupos que compõem o nécton, poucos répteis se adaptaram à vida marinha. Os mais conhecidos são as tartarugas marinhas, mas existem várias espécies de serpentes marinhas, um iguana que se alimenta de algas marinhas das Ilhas Galápagos, e vários crocodilos que vivem nas águas costeiras estuarinas e marinhas, sendo a maior espécie encontrada na Austrália.

#### 3.3.1. Tartarugas marinhas

As tartarugas marinhas estão distribuídas entre quatro famílias Toxochelyidae, Protostegidae, Cheloniidae e Dermochelyidae, sendo geralmente encontradas em águas tropicais, enquanto algumas migram utilizando as correntes para as costas temperadas. No mundo existem sete espécies de tartarugas marinhas reconhecidas taxonomicamente, mas há uma discussão sobre uma subespécie do Pacífico oriental, se for reconhecida o número chegaria a oito. As principais características externas utilizadas para diferenciação das espécies estão relacionadas ao número e à disposição das placas da caparapa no formato de cabeça e das nadadeiras. As 7 espécies são:

A tartaruga verde (*Chelonia mydas*), que pode alcançar 150 cm de comprimento de carapaça e pesar em média 160 kg. Como o próprio nome já diz, possuem um padrão de cor esverdeada, e possuem hábito alimentar variado de acordo com a idade, sendo onívoros quando filhotes e herbívoras quando adultas.

A tartaruga cabeçuda (*Caretta caretta*) que pode alcançar 150 cm de comprimento de carapaça e pesar em média 140 kg. A espécie possui hábito alimentar carnívoro.

A tartaruga de pente (*Eretmochelys imbricata*) que pode alcançar 120 cm de comprimento de carapaça e pesar em média 85 kg. Se alimenta de esponjas, anêmonas, moluscos e crustáceos.

# As tartarugas marinhas



Figura 1.4 Espécies de tartarugas marinhas que existem no mundo. Adaptado de *The State of the Worlds Sea Turtles* (2021).

A tartaruga oliva (*Lepidochelys olivacea*) alcança em média 72 cm de comprimento de carapaça e pesa em torno de 40 kg. Sua dieta alimentar inclui salpas, peixes, moluscos, crustáceos, briozoários, tunicados, águas-vivas, ovos de peixe e algas.

A tartaruga kemp (*Lepidochelys kempii*) alcança cerca de 70 cm de comprimento de carapaça e pesa entre 35 e 50 kg. Sua alimentação inclui moluscos, crustáceos, peixes, medusas, algas e ouriços-do-mar.

A tartaruga australiana (*Natator depressus*), endêmica da Austrália, alcançando 100 cm de comprimento de carapaça e pesando em média 70 kg. Se alimenta de pequenos vertebrados e invertebrados, além de algas.

A tartaruga de couro (*Dermochelys coriacea*) é a maior representante das tartarugas marinhas, podendo alcançar 180 cm de comprimento de carapaça e pesar 400 kg. Se alimenta principalmente de zooplâncton gelatinoso como salpas, celenterados e tunicados.

No Brasil ocorrem 5 das 7 espécies de tartarugas marinhas (Fig. 1.4): *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, *Dermochelys coriacea* e *Lepidochelys olivacea*.

As tartarugas marinhas realizam longas migrações para retornar à terra a fim de colocar seus ovos em locais específicos de nidificação em costas arenosas. Uma alta mortalidade é observada tanto em relação aos ovos, quanto aos filhotes, ambos sofrem predações naturais e também são apreciados pelos humanos. Adultos foram caçados quase à extinção por sua carne e carapaças decorativas. Todas as tartarugas marinhas são agora consideradas espécies ameaçadas ou em perigo de extinção e vários métodos de conservação estão em vigor em muitos países, incluindo proibições de captura e importação de produtos derivados de tartarugas marinhas. No Brasil não é permitido consumir, capturar, comercializar, abater ou transportar nenhuma espécie de tartaruga marinha.

### 3.3.2. Serpentes marinhas

As serpentes marinhas são répteis marinhos pertencentes à ordem Squamata, sendo encontradas principalmente em águas tropicais, e estando restritas aos oceanos Índico e Pacífico. Atualmente, 17 gêneros de serpentes marinhas foram descritos, compreendendo 69 espécies, pertencentes à família Elapidae com duas subfamílias, Hydrophiinae e Laticaudinae. Elas compreendem cerca de 86% das espécies vivas de répteis marinhos do mundo. As serpentes são vertebrados de sangue frio, geralmente com escamas e respiram ar por meio das narinas e dos pulmões. A maioria das serpentes marinhas adultas possuem entre 120 e 150 cm de comprimento, com as maiores, pertencentes ao gênero *Hydrophis*, alcançando comprimento máximo de 300 cm. As serpentes marinhas se distinguem das cobras terrestres por sua cauda em forma de remo comprimida lateralmente. As representantes da família Hydrophiidae são as verdadeiras serpentes marinhas que possuem a cauda achatada lateralmente e os escudos na cabeça grandes e simétricos. Todas as espécies representantes da família, possuem narinas valvares para cima no topo do focinho que se fecham para evitar a entrada de água e perderam suas escamas ventrais, o que dificulta uma vida terrestre. As representantes da subfamília Laticaudinae incluem apenas cinco espécies pertencentes a um único gênero (*Laticauda*), sendo consideradas as serpentes marinhas mais primitivas. Elas mantiveram suas escamas ventrais e passam grande parte do tempo em terra, sendo o único gênero que põe ovos fora d'água.

As serpentes marinhas possuem um importante papel no ambiente marinho, pois ocupam uma posição elevada na cadeia trófica, alimentando-se de várias espécies de peixes e invertebrados e são o grupo de répteis mais venenosos do mundo, sendo seus venenos mais tóxicos do que os das cobras terrestres.

### 3.3.3. Iguana marinho

O iguana marinho (*Amblyrhynchus cristatus*) é uma espécie endêmica que habita as praias das Ilhas Galápagos, no Oceano Pacífico. Os machos adultos alcançam aproximadamente 1,3 m de comprimento e pesam até 1,5 kg enquanto as fêmeas raramente ultrapassam 0,6 m (Fig. 1.5).

Como um animal ectotérmico, o iguana marinho pode passar apenas um tempo limitado no mar frio, onde mergulha para se alimentar de algas, assim, nadam apenas nas águas rasas ao redor das ilhas e são capazes de realizar mergulhos de até meia hora de duração e em profundidades de mais de 15 m. Devido ao seu metabolismo e ao frio das águas no entorno das Ilhas Galápagos, o iguana marinho quando retorna a superfície, fica sobre as rochas para se aquecer.

### 3.3.4. Crocodilo marinho

O crocodilo de água salgada (*Crocodylus porosus*) é uma espécie que habita água salgada e pântanos salgados da costa leste da Índia ao sudeste da Ásia e da região Sundaic (sudeste asiático) ao norte da Austrália e Micronésia. O crocodilo de água salgada é o maior réptil crocodyliano vivo conhecido pela ciência. Os machos alcançam até 6 m de comprimento e pesam de 1.000-1.300 kg, as fêmeas são bem menores e raramente ultrapassam os 3 m de comprimento. O crocodilo de água salgada é um grande predador de topo de cadeia, um hiper carnívoro oportunista e suas presas incluem outros predadores de topo, como os tubarões, além de peixes de água doce e salgada, incluindo espécies pelágicas, invertebrados como crustáceos, vários répteis, pássaros e mamíferos, podendo ocorrer também incidentes com seres humanos.



**Figura 1.5** Iguana marinho (*Amblyrhynchus cristatus*), espécie endêmica das Ilhas Galápagos. **Foto** Danielle Viana (2020).

Existe outra espécie menos famosa que o crocodilo de água salgada (*Crocodylus porosus*), o crocodilo-americano (*Crocodylus acutus*), uma espécie que pode ser encontrada no sul do México, América Central e norte da América do Sul, além de Cuba, Jamaica e Ilha de São Domingos na região do Caribe. Assim como o crocodilo-de-água-salgada, ele também entra no mar. Os maiores exemplares já chegaram aos 6 m de comprimento e a pesar 800 kg, mas hoje, os exemplares mais comuns, são animais que não passam de 4 m de comprimento e 500 kg de peso.

### 3.4. Mamíferos marinhos

Existem três ordens de mamíferos que evoluíram de diferentes ancestrais terrestres e se adaptaram de forma independente à vida no mar, são elas: ordem Sirenia (peixe-boi, manatis e dugongos), ordem Carnívora, família Ursidae (urso-polar), superfamília Pinnipedia (pinípedes, leão-marinho, foca e morsa), família Mustelidae (lontra-marinha e lontra-felina) e ordem Cetacea (baleia, golfinho e botos). Todos compartilham as características dos mamíferos em possuírem sangue quente (homeotérmico), amamentarem seus filhotes e dependerem de ar para respirar.

A ordem dos cetáceos compreende cerca de 89 espécies de mamíferos marinhos conhecidos como baleias, botos e golfinhos. O maior desses mamíferos marinhos é a baleia-azul, uma baleia de barbatanas (cerdas bucais) que pode atingir comprimentos de até 31 m. As baleias com cerdas formam a subordem Mysticeti com cerca de 19 espécies. A maioria das baleias dessa subordem se alimentam principalmente do zooplâncton, filtrando-os através de placas córneas especializadas, chamadas cerdas ou barbatanas. As baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) e baleia-comum (*Balaenoptera physalus*) também são capazes de capturar cardumes de peixes relativamente grandes, como as cavalinhas e arenques, e a baleia-cinzenta (*Eschrichtius robustus*)

se alimenta de animais bentônicos. Algumas das grandes baleias de barbatanas, como por exemplo, jubartes e cinzas realizam grandes migrações sazonais, geralmente para se reproduzir em águas tropicais durante o inverno nos polos, e voltando para águas polares para se alimentar no verão. Cetáceos menores não realizam grandes migrações, mas mudam de região em resposta a mudanças no fornecimento de alimentos ou no ambiente.

A subordem Odontoceti inclui as outras 70 espécies de cetáceos, todas elas equipadas com dentes e caracterizadas por terem um único respiradouro em vez de dois como nas baleias de barbatanas. Os odontocetos incluem o restante das baleias, golfinhos e botos. As baleias dentadas são grandes predadores se alimentando de lulas ou peixes, e no caso das orcas (*Orcinus orca*) incluem na sua dieta presas como peixes, moluscos, aves, tartarugas, focas, leões marinhos, tubarões e animais de tamanho maior quando caçam em grupo (caçam baleias, por exemplo). Ao contrário de algumas das baleias de barbatanas, esses animais não dependem de presas que vivem na superfície, e algumas espécies de odontocetos podem realizar mergulhos a grandes profundidades. Os cachalotes (*Physeter macrocephalus*) juntamente com os botinhos do gênero *Hyperoodon*, são os mamíferos capazes de mergulhar a uma maior profundidade. Acredita-se que sejam capazes de mergulhar até os 3.000 m com o mergulho durando até 90 minutos. No entanto, o mergulho mais comum atinge os 400 m de profundidade e dura entre 30 e 45 minutos.

As baleias foram exploradas até a quase extinção de algumas espécies desde o século XVI, até a definitiva proibição de sua caça em 1986, quando a Comissão Baleeira Internacional (CBI) votou para estabelecer uma proibição por tempo indefinido da caça comercial de baleias na esperança de restabelecer estoques ameaçados, incluindo o Brasil. Além disso, em 1994, a CBI também designou uma área de 28.10<sup>6</sup> km<sup>2</sup> de proteção ao redor da Antártica como santuário de baleias, proporcionando proteção permanente para cerca de 90% das baleias do

mundo. Essas medidas têm sido responsáveis pela recuperação gradual das populações de baleias, entretanto muitas ainda se encontram seriamente ameaçadas de extinção, tanto devido à sua lenta capacidade de recuperação quanto devido a outros fatores externos, como a poluição marinha e caça ilegal. Hoje o único país que pesca baleias comercialmente é o Japão, retomando as atividades após sair da CBI em 2019.

A ordem Pinnipedia de mamíferos marinhos inclui as focas, leões marinhos e morsas. Esses animais passam parte de seu tempo em terra ou em blocos de gelo, onde se reúnem para reprodução e descanso. As 36 espécies de pinípedes conhecidas são encontradas em todos os mares do mundo, mas a maioria das espécies e as maiores populações são encontradas nas águas frias do Ártico e da Antártica e estão compreendidas em três famílias: Otariidae (leões marinhos), Odobenidae (morsas) e Phocidae (focas). Existe apenas uma espécie de água doce, encontrada no Lago Baikal, a nerpa (*Pusa sibirica*).

A família Phocidae inclui as focas verdadeiras. É o grupo de pinípedes com maior diversidade morfológica, apresentando 19 espécies existentes, que habitam latitudes mais altas.

A família Otariidae é representada pelos leões marinhos. É a segunda família mais diversa, representada por cerca de 15 espécies distribuídas em águas temperadas frias do Pacífico Norte e do Hemisfério Sul.

A família Odobenidae possui apenas um representante, a morsa (*Odobenus rosmarus*), que habita o Círculo Polar Ártico. As fêmeas adultas alcançam 260 cm de comprimento e podem pesar de 400 até 1.250 kg, os machos adultos podem medir entre 3 e 4 m de comprimento. Os machos adultos do Pacífico podem pesar até mais de 2.000 kg.

Os Pinípedes em sua maioria alimentam-se principalmente de peixes ou lulas, mas as morsas também usam suas presas para cavar moluscos e outros animais bentônicos do fundo do mar.

Pinípedes tipicamente vivem e viajam em rebanhos e alguns podem empreender longas migrações no mar. Embora focas e leões marinhos tenham sido fortemente explorados no passado por sua pele e óleo, e as morsas também por seu marfim, a pressão da caça diminuiu para a maioria das espécies. Mesmo assim, uma espécie foi extinta no século XX, a foca-monge-do-caribe (*Monachus tropicalis*) habitava o Mar do Caribe, Flórida, Texas, Grandes e Pequenas Antilhas até a Península de Iucatã. A espécie media entre 2,20 e 2,40 metros de comprimento e pesava em torno de 130 kg, com pelagem castanha no dorso, mudando para branco amarelado na barriga; os filhotes eram totalmente pretos. As fêmeas possuíam 4 glândulas mamárias, diferente das outras focas quem possuem 2, alimentavam-se de peixe, cefalópodes e crustáceos.

A ordem Sirenia, inclui os peixes-boi marinho, manatis e dugongos. São mamíferos aquáticos herbívoros, e dependem das fanerógamas para sua alimentação. Suas necessidades alimentares os restringem a viver em áreas de águas rasas costeiras, estuários e rios. Todas as quatro espécies (*Trichechus manatus*, *Trichechus senegalensis*, *Trichechus inunguis* e *Dugong dugon*), desta ordem residem em águas tropicais e não vão para a terra. As 3 espécies do gênero *Trichechus* são encontrados apenas nas águas tropicais do Atlântico, os dugongos já foram uma espécie amplamente distribuída, incluindo as águas do Atlântico, hoje, eles estão restritos aos Oceanos Índico e Pacífico. No Brasil o peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*) é a espécie de mamífero aquático mais ameaçada.

A vaca-marinha (*Hydrodamalis gigas*), endêmica das águas frias e rasas do Mar de Bering, no Hemisfério Norte, é reconhecidamente o único sirênio adaptado a este tipo de ambiente. Era consideravelmente maior que os membros atuais da sua ordem, medindo até 8 metros de comprimento e pesando entre 5 e 11 toneladas, eram animais monogâmicos que viviam em grupos, reproduzindo-se em meados de outubro, alimentavam-se de vegetais, que mastigavam com auxílio de placas

queratinizadas que executavam função semelhante à dos dentes. Devido à exploração indiscriminada para a retirada de sua carne, pele, gordura e leite; foi caçada até a sua extinção, em 1768 (Ver capítulo: [Mamíferos aquáticos na região Nordeste do Brasil](#)).

### 3.5. Aves marinhas

Existem hoje aproximadamente 310 espécies de aves marinhas, distribuídas em quatro ordens: Procellariiformes, Sphenisciformes, Pelecaniformes e Charadriiformes, representando cerca de 3% das aves do mundo, das quais 89 ocorrem no Brasil. Ainda podem ser divididas em aves marinhas costeiras, que são encontradas geralmente próximas as regiões costeiras, e aves marinhas oceânicas ou pelágicas, que são as aves encontradas em alto-mar, mas as vezes podem chegar até a costa. Todas as aves marinhas dependem de locais de nidificação em terra para reprodução.

A ordem Procellariiformes, é composta por 4 famílias (Diomedidae, Procellariidae, Hydrobatidae e Pelecanoididae), e 108 espécies no mundo, no Brasil ocorrem 34 espécies. Os principais representantes são os albatrozes, pardelas, bobos, pombas do cabo e petréis. A ordem reúne a maior parte das aves marinhas. São oceânicas ou pelágicas e geralmente encontradas no Hemisfério Sul. Os membros dessa ordem são conhecidos pelas maxilas e mandíbula compostas por várias placas distintas, pela ponta da maxila em forma de gancho, pelas narinas em forma de tubo para excreção de sal e pelas patas usadas para natação, decolagem e pouso na água.

A ordem Sphenisciformes é representada pelos pinguins, e suas 18 espécies agrupadas na família Spheniscidae, os pinguins estão distribuídos desde o continente Antártico até as Ilhas Galápagos. Os pinguins possuem penas modificadas e são adaptados para mergulhar e nadar, possuem glândulas nasais bem desenvolvidas para excreção de sal, as patas são curtas e fortes com membrana

entre os dedos, e somente vão a terra para a descanso e reprodução, formando grandes colônias conhecidas como “pinguineiras”. Alimentam-se de pequenos peixes e lulas.

A ordem Pelecaniformes incluem 5 famílias (Phaethontidae, Sulidae, Pelecanidae, Phalacrocoracidae e Fregatidae) com algumas espécies ocorrendo no Brasil, sendo representados pelos atobás, fragatas, pelicanos, biguás e rabos-de-palha, a maioria piscívoras.

A ordem Charadriiformes, inclui 4 famílias com 121 espécies, representados pelos maçaricos, batuínas, ostreiros, pernilongos, pomba-antártica, gaivotas, trinta-réis, *skuas* e talha-mares, a maioria se alimentando de peixes, moluscos e crustáceos.

Embora as aves marinhas sejam encontradas em todo o mundo, as maiores colônias estão localizadas adjacentes as áreas oceânicas altamente produtivas onde os alimentos são abundantes e concentrados. Mudanças sazonais no ambiente marinho podem ser refletidos na distribuição das aves e algumas espécies realizam longas migrações anuais em resposta à disponibilidade sazonal de alimentos e clima adequado para reprodução. Aves marinhas apresentam flutuações naturais nas densidades populacionais, as quais podem ser causadas por mudanças climáticas e subsequentes flutuações na disponibilidade de alimento, transformando-as em excelentes bioindicadores ecológicos.

Cada vez mais, as aves marinhas estão sofrendo com a poluição costeira, o plástico e o aumento dos esforços de pesca. Como é o caso de muitos outros animais, as aves marinhas se depararam com novas fontes de ameaças e um ritmo acelerado de mudança do seu habitat. Isto é particularmente verdadeiro para as aves marinhas que têm baixa fecundidade e requerem um longo período antes de atingir a idade reprodutiva. Para algumas espécies, a sobrevivência contínua pode depender da conservação legislada e fiscalizada, da proteção de áreas de alimentação e habitats de nidificação e reprodução.



### 3.6. Peixes marinhos

Os peixes constituem o maior e mais diverso grupo de vertebrados marinhos. Eles são taxonomicamente separados em 2 classes e 1 superclasse: classe Chondrichthyes, classe Osteichthyes e superclasse Cyclostomata.

**Os Cyclostomatas** são representados pelas lampreias (Petromyzontida) e feiticeiras (Myxiniiformes), que são os únicos grupos vivos dos agnatos. Possuem aproximadamente 120 espécies, podendo se distribuir em água doce e salgada. Uma das principais características do grupo é a ausência de um aparato mordedor derivado dos arcos branquiais (ou seja, os animais não possuem mandíbulas).

**A classe Chondrichthyes**, inclui os tubarões e as raias, também conhecidos como elasmobrânquios, e as quimeras. Existem 16 ordens de elasmobrânquios vivos, representados por cerca de 1.200 espécies, apenas 56 de ambientes com baixa salinidade e destas 28 exclusivas para água doce (família Potamotrygonidae). Todas as espécies estão distribuídas em três subgrupos principais: Selachimorpha (tubarões), Batoidea (raias), e Holocephali (quimeras). Os Chondrichthyes são caracterizados por possuírem um esqueleto cartilaginoso e escamas modificadas chamadas de dentículos dérmicos. Os primeiros registros para o grupo aparecem pela primeira vez há cerca de 450 milhões de anos. São animais que possuem ampla distribuição geográfica e podem ser encontrados desde as águas geladas da Antártida até as águas temperadas ou equatoriais, podendo apresentar hábitos bentônicos, demersais ou pelágicos de acordo com a espécie. A maioria é de espécies pelágicas, outros residem em lagos e rios de água doce. Metade de todas as espécies são encontradas até uma profundidade de 200 metros, as demais habitam águas mais profundas, podendo ultrapassar os 3.000 metros. Eles variam em tamanho, desde o pequeno tubarão-lanterna anão (*Etmopterus perryi*), uma espécie de águas profundas de no máximo 17 cm de comprimento,

ao tubarão-baleia (*Rhincodon typus*), que é considerado o maior peixe do mundo, e pode chegar próximo aos 20 m de comprimento. Os Chondrichthyes apresentam sexos separados, gônadas tipicamente pares em que ductos se abrem na cloaca, algumas espécies atingem a maturação sexual em 1 ano outras em até 20 anos. Em relação ao método de reprodução podem ser ovíparos (*Scyliorhinus canicula*, entre outros); vivíparos placentários (*Carcharhinus leucas*, entre outros) ou vivíparos aplacentários (ovovivíparos), como no tubarão tigre (*Galeocerdo cuvier*) com tempo de gestação dos filhotes variando entre 10 e 18 meses.

Os Chondrichthyes, principalmente selachis e batoides, são ameaçados por uma crescente demanda por carne e nadadeiras. Os números de suas capturas vêm se acentuando ao longo dos anos chegando há 1.7 milhões de toneladas em 2010, levando rapidamente a uma grande redução na quantidade de Chondrichthyes em regiões onde a pesca se intensificou. Além de serem capturados como alvo, muitos também são capturados incidentalmente na pescaria de outras espécies de peixes, como os atuns por exemplo. No Brasil, em torno de 12.000 t de tubarões e 5.000 t de batoides são capturadas anualmente, colocando o país na sexta posição mundial de países que mais vendem produtos derivados desses animais. Neste contexto, chondrichthyes são considerados particularmente vulneráveis à captura devido às suas características biológicas que incluem alta longevidade, maturação tardia e baixas taxas reprodutivas (Ver capítulo: [Elasmobrânquios do Nordeste do Brasil](#)).

**A classe Osteichthyes** inclui os peixes com esqueleto ósseo, representando a maior classe de vertebrados no mundo moderno e sendo o grupo mais diverso do reino animal. Esta classe inclui quase 30.000 espécies vivas e mais de 95% das espécies comumente chamadas de peixes, com os peixes marinhos correspondendo a mais ou menos 14.800 espécies. Duas subclasses são reconhecidas dentro da classe Osteichthyes, as classes Sarcopterygii e Actinopterygii. Sarcopterygii

são os peixes de nadadeiras lobadas, representados por oito espécies existentes, incluindo peixes pulmonados e celacantos. Actinopterygii são os de nadadeira raiada ou espinhosa, contendo a subclasse Neopterygii, que inclui a infraclasse Teleostei ou peixes ósseos modernos e a subclasse Chondrostei, onde encontramos a grande maioria dos peixes conhecidos.

Apesar das diferenças morfológicas que os peixes apresentam entre suas ordens e diversas famílias, algumas características são comuns à todas as espécies, destacando o endoesqueleto ósseo e a presença da bexiga natatória. Nos ecossistemas marinhos, a diversidade de espécies de peixes está concentrada nas águas costeiras com profundidades menores que 200 m, volume este que representa apenas 10% da área dos oceanos. A diversidade de peixes marinhos também diminui com a diminuição da temperatura da água em uma grande escala espacial, assim, como a maioria dos outros grupos de animais, as maiores populações de peixes são encontradas em águas temperadas, mas a diversidade de espécies é muito maior em águas tropicais e subtropicais.

Os peixes que residem em águas profundas (> 200 m) não são tão numerosos quanto as espécies epipelágicas e eles também não são explorados comercialmente. Os mais diversos grupos das cerca de 1.000 espécies de peixes mesopelágicos, tanto em número de espécies como indivíduos, são as mais de 300 espécies de estomiatóides e as 200-250 espécies de peixes-lanterna (também chamados de mictofídeos), sendo a bioluminescência comum em ambos os grupos, podendo ser usada para atrair ou localizar presas, ou para encontrar companheiros neste ambiente de pouca luz. A maioria dos mictofídeos são pequenos, variando de cerca de 25 a 250 mm de comprimento quando adultos, enquanto a maioria das outras espécies mesopelágicas têm cerca de 2 m de comprimento. As espécies mesopelágicas são caracterizadas por realizarem migrações verticais diárias, aproximando-se da superfície durante à noite; e descendo para

regiões mais profundas durante o dia. Nas águas batipelágicas (1.000 - 4.000 m), existem cerca de seis vezes menos espécies de peixes, e o tamanho das populações também tende a diminuir em águas mais profundas, já que os parceiros se tornam mais difíceis de encontrar (Ver capítulo: [Mar profundo: registro da história e organismos do Nordeste do Brasil - Vol.1](#)).

Em contraste com elasmobrânquios, quase todos os teleósteos têm fertilização externa e alta fecundidade. Enquanto algumas espécies colocam seus ovos adesivos aderidos a um substrato, a maioria põe um grande número de pequenos ovos flutuantes, e as larvas em incubação passam a fazer parte do meroplâncton. Os teleósteos normalmente se reproduzem muitas vezes e seu crescimento é contínuo ao longo da vida. Essas características os tornam menos vulneráveis à pesca comercial do que os peixes cartilaginosos.

Os peixes possuem hábitos diferentes de alimentação (carnívoros, piscívoros, onívoros etc.), desta forma respondem à variabilidade sazonal previsível na concentração de presas, realizando migrações para locais de alimentação quando as presas se tornam abundantes. No entanto, para muitos peixes, a variabilidade na concentração de alimentos pode causar mudança significativa em sua taxa de crescimento e sobrevivência, e isso se reflete na variabilidade na captura de peixes de ano para ano.

Alguns estoques de peixes marinhos são excessivamente explorados pela pesca, sendo essa uma das principais ameaças que essas espécies sofrem, frente até à poluição marinha. As espécies marinhas hoje exploradas são subdivididas em 3 categorias de sustentabilidade: exploradas em seu rendimento máximo sustentável, subexploradas e sobreexploradas (sobrepesca). Ao longo de décadas essas categorias foram sofrendo modificações de acordo com o esforço de pesca empregado: as espécies no rendimento máximo sustentável correspondiam a 51% em 1974 e passaram a corresponder a 60% em

2017; espécies subexploradas correspondiam a 39% em 1974 e passaram para 6% em 2017 e as espécies em sobrepesca correspondiam a 10% em 1974 passando a 34% em 2017. A abordagem insustentável da pesca marinha ao longo dos últimos 50 anos atingiu duramente os estoques de peixes. Em 2018, a produção total da pesca extrativa atingiu o nível mais alto já registrado (96,4 milhões de toneladas) um aumento de 5,4% em relação à média dos três anos anteriores. A espécie de peixe com maior captura no mundo foi a anchoita (*Engraulis ringens*) com mais de 7 milhões de toneladas em 2018. A frota pesqueira global é hoje cerca de duas vezes e meia maior do que o que os oceanos podem suportar de forma sustentável.

## 4. O BENTOS

Em relação à zona pelágica, o fundo do mar apresenta uma grande variedade de habitats fisicamente diversos que diferem uns dos outros em termos de profundidade, temperatura, disponibilidade de luz, grau de imersão (marés) e tipo de substrato. Substratos duros e rochosos (consolidados) fornecem locais de fixação para espécies sésseis como cracas e mexilhões que permanecem fixas em um mesmo lugar ao longo de sua vida adulta. Fornecem também fendas e depressões que podem ser usadas por animais móveis como refúgios contra a dessecação e predação. Substratos macios como por exemplo, lama, argila, areia (não consolidados), oferecem alimento e proteção para animais cavadores. Assim, em parte devido à maior variedade de habitats bentônicos, o número de espécies de animais bentônicos, estimado em mais de 1 milhão, é muito maior do que o número combinado de espécies pelágicas de zooplâncton maiores, peixes e mamíferos marinhos. Assim como no ambiente pelágico, gradientes verticais de temperatura, luz e salinidade são especialmente importantes no estabelecimento dos distintos regimes de vida dos organismos bentônicos.

Os animais que habitam zonas diferentes geralmente serão de espécies diferentes, cada um adaptado exclusivamente para o ambiente particular em que é encontrado. A menor zona bentônica é a zona supralitoral ou supratidal, uma área logo acima da linha de marés altas de sizígia alta (Fig. 1.1). Em costões rochosos íngremes, esta zona receberá apenas o “*spray*” das ondas que quebram. Em praias arenosas planas, a área pode ser marcada pela “linha do deixo” e por montes de algas marinhas lançadas na costa. Poucas espécies estão adaptadas para viver nesta região de transição entre o mar e a terra.

A zona litoral ou intertidal fica entre as linhas de maré alta e baixa e, portanto, está imersa durante as marés altas e exposta durante as marés baixas (Fig. 1.1). A extensão desta zona depende da topografia local e amplitude das marés. Esta área está inserida na zona eufótica e algas bentônicas, bem como espécies do fitoplâncton, estão disponíveis para os forrageiros e para herbívoros bentônicos filtradores. Esta região, por sua vez, suporta uma abundante e diversificada comunidade de carnívoros.

A zona sublitoral ou subtidal estende-se desde a marca da maré baixa (sizígia ou quadratura) até a borda exterior da plataforma continental, a uma profundidade de cerca de 200 metros (Fig. 1.1). Uma parte da região sublitoral também está dentro da zona eufótica, mas as algas bentônicas diminuem de números baixos a zero nas regiões mais profundas. Substratos consolidados tornam-se escassos e são substituídos por substratos macios. A zona sublitoral ocupa cerca de 8% do fundo do mar submerso.

Os demais ambientes bênticos estão localizados abaixo da zona eufótica (Fig. 1.1). A zona batial se estende ao longo do talude continental de 200 m a 2.000 ou 3.000 m (o limite inferior é indefinido), e ocupa aproximadamente 16% do fundo do mar submerso. A zona abissal, que se estende desde a parte inferior da zona batial até 6.000 m, é de longe a maior região ecológica, abrangendo quase 76% dos habitats bentônicos submersos.

Esta zona também é caracterizada por ter uma temperatura em torno de 4°C ou menos. As áreas mais profundas dos oceanos são conhecidas como fossas submarinas, e se estendem para além dos 6.000 m a um pouco mais de 11.000 m de profundidade; ecologicamente, este ambiente bentônico é conhecido como zona hadal. Esta última zona é a menos conhecida por causa de sua quase inacessibilidade, e por possuir, relativamente, poucas espécies descritas até o momento.

A grande maioria das espécies bentônicas maiores vivem em profundidades inferiores a 200 m, havendo muito mais espécies em águas tropicais rasas do que em águas rasas de mares frios.

#### 4.1. Plantas bentônicas

Uma variedade de vegetais marinhos fixam-se no fundo do mar ou vivem dentro dos sedimentos em regiões rasas. Todos estão restritos à zona eufótica, isto é, são encontrados apenas onde há luz, nas regiões intertidal e subtidal rasa. Certas comunidades marinhas que vivem na zona litoral entre marés são dominadas por grandes angiospermas (plantas com flores), que só florescem em regiões abrigadas, onde se acumulam os sedimentos que permitem que as plantas enraizadas se desenvolvam. Essas comunidades incluem mangues tropicais, com uma variedade de árvores e arbustos tolerantes ao sal; capins estuarinos denominados de capins da praia e prados de fanerógamas que ocorrem na parte mais baixa na zona intertidal. Todas essas macrófitas bentônicas são altamente produtivas, mas não são consumidas pela maioria dos animais marinhos. Entretanto, elas produzem grandes quantidades de detritos que podem ser levados pelas correntes das marés para outras áreas marinhas e após serem decompostos esses detritos contribuem para a alta produtividade das águas costeiras. As macrófitas marinhas também incluem as algas conspícuas que são mais abundantes em costões rochosos de regiões temperadas.

Os representantes mais importantes das macrófitas em termos de produção, são os kelps de caule longo (algas marrons), que se ancoram a substratos rochosos na zona subtidal por meio de estruturas de ancoragem chamadas de rizoides. Algumas algas *Macrocystis* do tipo kelps possuem taxas de crescimento extremamente rápidas e formam grandes florestas subaquáticas. Outros tipos de algas marinhas incluem as algas macrófitas comuns, **ex:** gênero *Fucus*, que cobrem rochas nas zonas entremarés; eles podem ser muito abundantes, mas sua taxa de produção é geralmente metade da dos kelps.

Algumas algas verdes, **ex:** gênero *Halimeda* e algas vermelhas, **ex:** gênero *Lithothamnion*, têm a capacidade de incorporar carbonato de cálcio em seus tecidos, o que é uma defesa eficaz contra os herbívoros. Estas algas coralinas duras crescem como incrustações sobre rochas, recifes de coral e outros substratos consolidados e podem contribuir substancialmente para a formação de depósitos de carbonato.

Algas marrons epifíticas, **ex:** gênero *Ectocarpus*, crescem na superfície de outras plantas maiores, como algas marinhas e fanerógamas. As epifitas possuem paredes finas e filamentosas e, portanto, podem ser facilmente consumidas por herbívoros marinhos.

Os produtores bentônicos menos óbvios, mas não menos importantes, são as algas unicelulares que vivem em grãos de areia (espécies epipsâmicas), ou que formam “tapetes” na superfície de substratos lamosos. Essas micrófitas incluem diatomáceas móveis, cianofíceas e dinoflagelados. Esses organismos são frequentes e extremamente abundantes e apesar do seu pequeno tamanho, eles são uma importante fonte de produção primária em águas rasas.

Diferentes plantas bentônicas ocupam diferentes níveis na zonation costeira determinada pela maré, sendo parcialmente determinados por suas

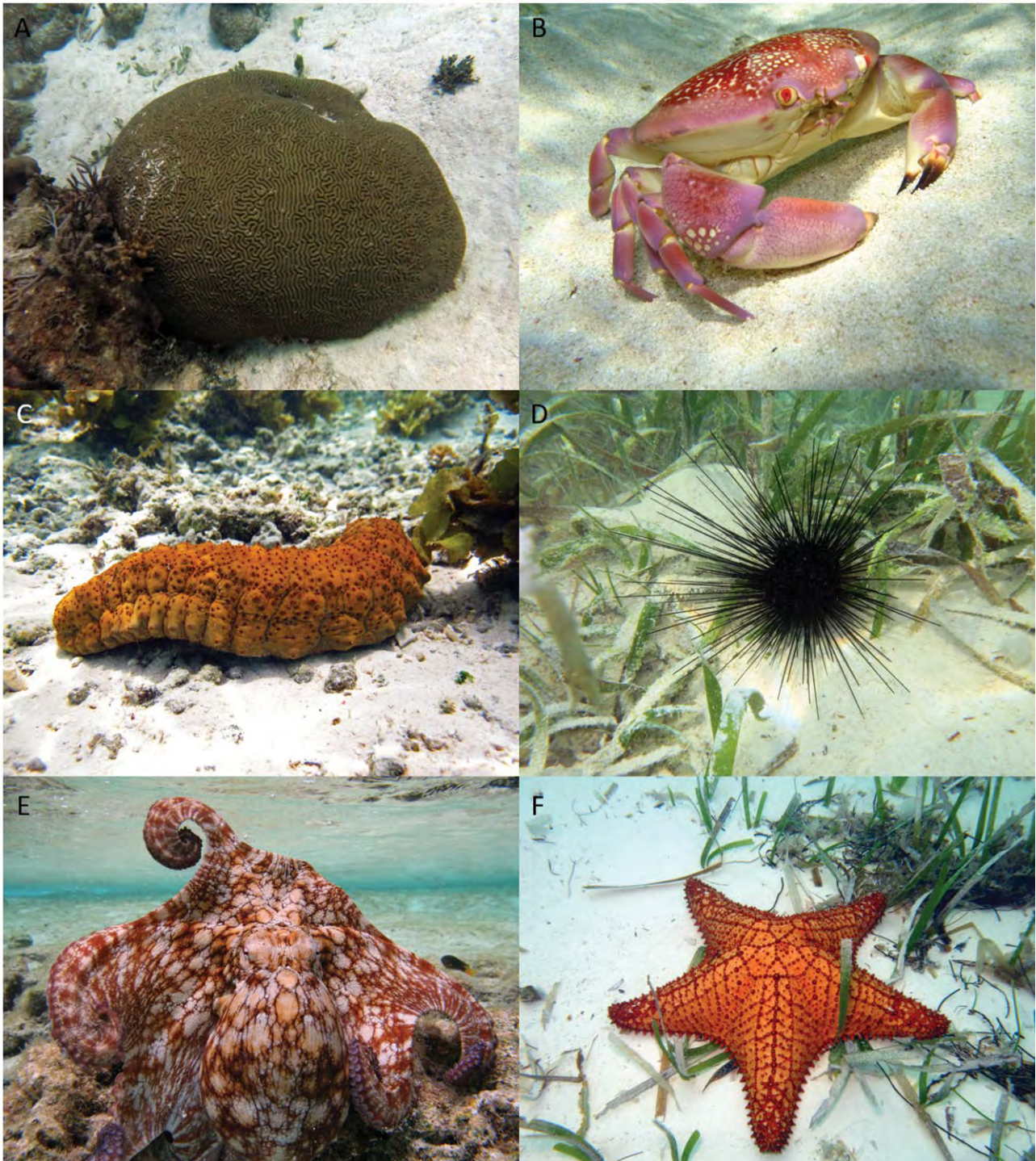
diferentes habilidades para absorver comprimentos de onda de luz específicos. O espectro completo da luz visível é disponível na superfície do mar, mas diferentes comprimentos de onda são rapidamente absorvidos e espalhados na coluna d'água. Algas verdes, **ex:** gênero *Ulva*, normalmente crescem em águas rasas e seus pigmentos absorvem comprimentos de onda do espectro visível, longos e curtos. Algas marrons e vermelhas também contêm clorofila verde, mas possuem pigmentos acessórios particulares que mascaram essa cor. Em comparação com as algas verdes, as algas marrons, **ex:** kelps e *fucus*, são mais abundantes em águas mais profundas; seu principal pigmento, fucoxantina, é mais eficiente na captura de luz azul-esverdeada. Algumas algas vermelhas, **ex:** gênero *Gigartina*, são caracteristicamente subtidais; seus pigmentos vermelhos (ficoeritrina e ficocianina) também são eficientes na absorção de luz subsuperficial que não pode ser absorvida pela clorofila *a*. Existem numerosas exceções a este padrão de distribuição de profundidade, no entanto. Por exemplo, certas algas vermelhas, gênero *Porphyrd*, podem ser encontradas na alta zona intertidal, enquanto algumas algas verdes, gênero *Ulva* podem ocupar regiões mais baixas na zonação. Isso ocorre porque outros fatores, como resistência à ação das ondas, tolerância a dessecação durante a exposição das marés e forrageio seletivo por herbívoros também determinam a posição das plantas na zona intertidal. Na superfície do sedimento, a luz azul é absorvida primeiro e a luz vermelha penetra mais distante; assim, pequenas algas que crescem dentro de areia ou lama também podem mostrar uma distribuição diferente.

## 4.2. Animais bentônicos

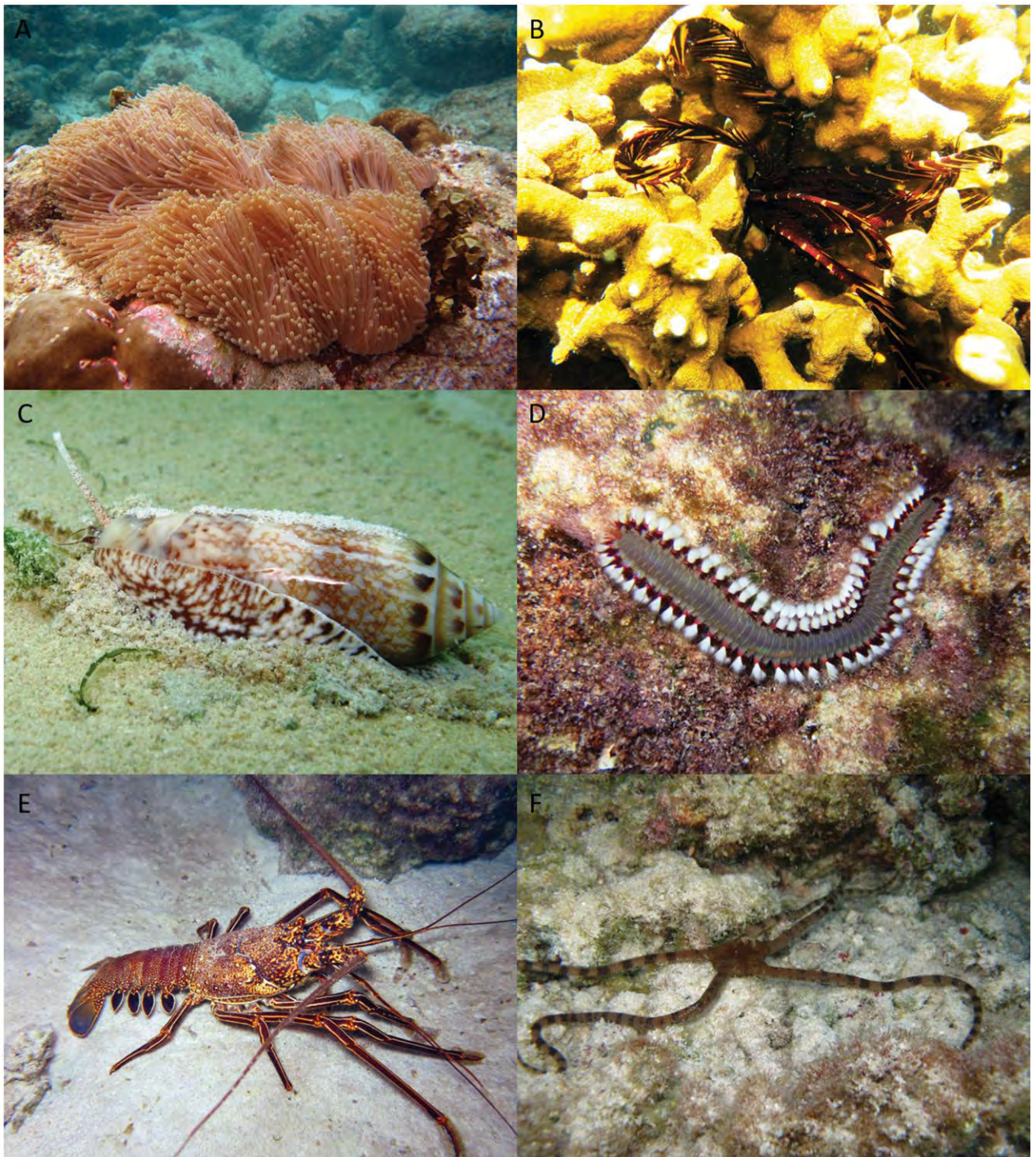
Os animais bentônicos (zoobentos) são separados em duas categorias ecológicas com base onde vivem em relação ao substrato. A infauna são aquelas espécies que vivem total ou parcialmente dentro do substrato, incluindo muitos

bivalves, vermes (poliquetas), bem como outros invertebrados. As espécies infaunais geralmente dominam as comunidades em substratos não consolidados e são mais diversas e abundantes na região subtidal. Existem algumas espécies infaunais de bivalves que vivem em comunidades de substratos consolidados, esses organismos conseguem perfurar este tipo de substrato. A epifauna são aqueles animais que vivem sobre o fundo do mar ou presos a ele; cerca de 80% dos maiores zoobentos pertencem a esta categoria (Figs. 1.6 e 1.7). Alguns exemplos comuns de epifauna incluem os corais, cracas, mexilhões, muitas estrelas-do-mar e esponjas. A epifauna está presente em todos os tipos de substrato, mas são particularmente desenvolvidos em substratos consolidados, e são mais abundantes e diversos em áreas rochosas na zona intertidal e recifes de coral. Uma terceira categoria pode ser adicionada para incluir os animais que vivem em associação com o fundo do mar, mas também nadam temporariamente na coluna d'água, como camarões, caranguejos e linguados, formando o epibentos.

Também podemos classificar os animais bentônicos em categorias de tamanho. Nesse caso, o tamanho é relativo ao tamanho da malha das peneiras usadas para separar os animais do sedimento. As seguintes categorias abrangem todos os tamanhos de bentos: Macrofauna (macrobentos): os animais retidos por uma peneira com malha de 1,0 mm. Estes são os maiores animais bentônicos, incluindo estrelas-do-mar, mexilhões, a maioria dos mariscos, corais, dentre outros; Meiofauna (meiobentos): aqueles animais retidos por uma peneira com malha entre 0,1 e 1,0 mm, comumente encontrados na areia ou lama. O grupo inclui moluscos muito pequenos, minúsculos vermes, vários pequenos grupos de crustáceos, incluindo copépodes bentônicos, bem como invertebrados menos conhecidos; Microfauna (microbentos): são aqueles animais menores que 0,1 mm de dimensão. Esta categoria de menor tamanho é composta em grande parte por protozoários, especialmente ciliados.



**Figura 1.6** Representantes de alguns grupos que compõem o bentos. **A)** Coral cérebro, **B)** Caranguejo, **C)** Pepino-do-mar, **D)** Ouriço, **E)** Polvo e **F)** Estrela-do-mar. **Fotos** Drausio Vêras.



**Figura 1.7** Representantes de alguns grupos que compõem o bentos. **A)** Anêmona, **B)** Lírio-do-mar, **C)** Gastrópode, **D)** Poliqueta de fogo, **E)** Lagosta e **F)** Ofiúro. **Fotos** Drausio Vêras.

### 4.3. Sistemática e biologia

As comunidades bentônicas contêm um conjunto extremamente diversificado de zoobentos. Muitas dessas espécies marinhas não possuem espécies conhecidas terrestre ou de água doce. Alguns dos tipos dominantes de animais nas comunidades bentônicas estão listados na tabela 1.3.

**Tabela 1.3** Principais grupos taxonômicos e representantes em comunidades bentônicas marinhas. **Fonte** Lalli e Parsons (1997).

Filo	Subgrupos	Nome comuns representativos
Protozoa	Foraminefera	foraminíferos
	Xenophyphoria	xenofióforos
	Ciliophora	ciliados
Porifera		esponjas
Cnidaria (Coelelerata)	Hydrozoa	hidra
	Antozoa	anêmonas-do-mar e corais
Platyhelminthes	Tubellaria	vermes planos
Nematoda		nematelmintos
Nemertea		ninfa marinha
Annelida	Polychaeta	poliquetas
	Pogonophora	vermes tubulares
	Vestimentifera	vermes tubulares gigantes
Sinpuncula		verme amendoim
Echiura		verme colher
Hemichordata	Enteropneusta	verme bolota
Mollusca	Gastropoda	lesmas e nudibrânquios
	Bivalva	mariscos e mexilhões
	Polyplacophora	chitons
	Aplacophora	aplacófora
	Scaphopoda	escafópoda
	Cephalopoda	polvo
Echinodermata	Asteroidea	estrela-do-mar
	Ophiuroida	ofiúro
	Echinoida	ouriço-do-mar
	Holothuroidea	pepino-do-mar
	Crinoidea	crinoide ou lírios-do-mar
Ectoprocta		briozoários
Brachiopoda		braquiópodes
Arthropoda (classe crustácea)	Ostracoda	ostracoda
	Copepoda	ciclopóides; harpacticóides
	Tanaidacea	tanaidáceos
	Isopoda	isopodas
	Amphipoda	anfípodas
	Cirripedia	cracas, barnáculos e percebes
	Decapoda	caranguejos, siris, camarões e lagostas
Chordata	Ascidiacea	tunicados (ascídias)



#### 4.3.1. Protozoa

Os protozoários bentônicos mais conhecidos são os foraminíferos com milhares de espécies conhecidas, sendo um elemento dominante do micro e meio bentos, principalmente em sedimentos oceânicos. Embora sejam organismos unicelulares, foraminíferos bentônicos não são, necessariamente, pequenos em relação ao tamanho; alguns atingem comprimentos de 25 mm. Existem espécies epifaunais e infaunais e em geral, as várias espécies se alimentam de diatomáceas bentônicas e esporos de algas em águas rasas e de outros protozoários, detritos e bactérias em todas as zonas de profundidade. Os Xenofóforos parentes dos foraminíferos, são especialmente abundantes na zona hadal, sendo considerados os maiores de todos os protozoários, com diâmetros de até 25 cm, mas apenas 1 mm de espessura.

Os ciliados são membros importantes da comunidade microbentônica; muitos estão adaptados a se prender a grãos de areia ou viver livremente dentro dos espaços intersticiais dos sedimentos. Estudos ecológicos com ciliados são difíceis devido a sua fragilidade, entretanto, já se sabe que esses protozoários em águas rasas exercem uma ligação importante entre a microflora e animais maiores, além de também conectar bactérias e invertebrados que se alimentam de detritos em todas as profundidades.

#### 4.3.2. Porifera

As esponjas são os animais multicelulares mais primitivos, podendo constituir uma grande fração do macrobentos em algumas regiões. Todas as esponjas são sésseis, ou seja, elas estão presas e imóveis no substrato. A maioria alimenta-se através de filtração, sugando partículas suspensas carregadas pelas correntes. Os poros da esponja agem como uma peneira, permitindo que apenas as menores partículas passem e sejam capturadas por células flageladas. O alimento consiste principalmente de bactérias, nanoplâncton e pequenas partículas detríticas. O esqueleto da esponja é composto de carbonato de cálcio ou espículas siliciosas

embutidas na parede do corpo, ou de fibras esponjosas. Elas se reproduzem de forma assexuada e sexuada e são capazes de se regenerar a partir de pequenos fragmentos de um organismo inteiro.

#### 4.3.3. Cnidaria

O filo Cnidaria tem muitos representantes bentônicos, além das espécies pelágicas. A maioria das espécies que vivem no substrato são epifaunais, mas algumas espécies excepcionais se adaptaram para viver na areia ou na lama. Embora haja uma diversidade considerável dentro do grupo, todos os cnidários bentônicos são caracterizados por terem uma simetria radial, e todos se alimentam de material em suspensão que capturam usando tentáculos carregados de nematocistos. Algumas espécies também prendem muitas pequenas partículas de alimento no muco secretado em sua superfície oral. Os cnidários bentônicos são animais sésseis, embora algumas anêmonas do mar sejam capazes de se “descolar” do substrato e “nadar” temporariamente para escapar de predadores e mudar de local. A reprodução assexuada e sexuada é comum nesse filo. Dentro do filo Cnidaria, a classe Hydrozoa inclui os hidróides coloniais, formados pela associação estrutural e funcional de diferentes tipos de indivíduos, cada indivíduo possuindo uma função dentro do organismo. A maioria das espécies permanece ligada ao progenitor, mas agindo independentemente como indivíduos que se reproduzem sexuadamente. Alguns hidróides também produzem estágios medusóides livre natantes como parte do seu ciclo de vida. A maior classe, Anthozoa, possui mais de 6.000 espécies, incluindo as anêmonas-do-mar e uma variedade de corais e gorgônias. As anêmonas-do-mar são residentes comuns da zona litoral e comunidades subtidais, mas também são encontradas a mais de 10.000 m de profundidade. Eles são animais solitários, variando em diâmetro de cerca de 1 cm a mais de 100 cm. Incluídos entre os Anthozoa estão uma variedade de formas taxonomicamente diferentes de corais, incluindo corais duros muito importantes pela formação de recifes em regiões tropicais.

#### 4.3.4. Platyhelminthes

Os platelmintos de vida livre, habitam areia ou lama, sob pedras, conchas, ou em algas marinhas, mas geralmente apresentando baixa abundância.

#### 4.3.5. Nematoda

Os vermes bentônicos pertencem a vários filos diferentes. Os vermes filiformes nematóides (filo Nematoda) constituem um dos mais numerosos e generalizados grupos de animais marinhos, apesar da maioria das espécies serem habitantes imperceptíveis em substratos não consolidados. Para as espécies de nematóides foi observada uma grande diversidade de tipos de alimentação com algumas espécies carnívoras, outras se alimentando de plantas, detritos e/ou microfauna associada.

#### 4.3.6. Nemertea

O filo Nemertea abrange cerca de 600 espécies de vermes alongados, todos caracterizados por terem uma longa e eversível probóscide usada para capturar alimentos. Os nemertinos são mais abundantes em mares temperados do que em áreas tropicais, e são mais comuns em águas rasas.

#### 4.3.7. Annelida

Mais de 11.000 espécies pertencentes ao filo Annelida, classe Polychaeta, constituem o maior e mais diverso grupo de vermes marinhos. Os Poliquetas são vermes segmentados com múltiplos apêndices chamados de parapodia. O tamanho varia de alguns milímetros a 300 cm em comprimento. Ecologicamente, os poliquetas podem ser separados entre aqueles que se movem ativamente sobre o fundo do mar ou cavando em areia e lama, e aqueles que habitam tubos (tubulares) ou tocas permanentes. A maioria das espécies rastejantes e alguns escavadores ativos são carnívoros e se alimentam de vários pequenos invertebrados capturados pelas mandíbulas do predador. Alguns poliquetas também usam suas mandíbulas para arrancar pedaços de algas. Muitos escavadores e alguns tubulares se alimentam de detritos que consomem, ingerindo areia ou lama diretamente pela boca. Outras espécies que se alimentam

de detritos desenvolveram estruturas especiais semelhantes a tentáculos que estendem sobre ou para dentro do substrato. Partículas de sedimento aderem às secreções mucosas na superfície dessas estruturas e este material é então transportado para a boca pelos cílios. Além disso, muitas das espécies sedentárias são filtradoras, usando apêndices especiais da cabeça para coletar plâncton e detritos suspensos. Este grupo, com espécies epifaunais e infaunais, frequentemente formam uma grande fração da biomassa bentônica em muitos habitats.

Os pogonóforos são considerados anelídeos especializados por alguns cientistas, ou como um filo separado por outros. Esses vermes sésseis são mais abundantes em áreas mais profundas, ocorrendo dos 100 até os 10.000 m. Eles secretam tubos longos quitinosos, que podem chegar aos 15 m de comprimento, fixados em substratos consolidados. Possuem um aglomerado de tentáculos que se projetam dos tubos. Os pogonóforos são altamente incomuns por não terem boca ou intestino e dependerem de bactérias quimiossintetizantes simbióticas para suprir suas necessidades nutricionais.

#### 4.3.8. Sipuncula

Os sipunculídeos são vermes não segmentados, pertencentes ao filo Sipuncula, variando em comprimento de cerca de 2 mm a mais de 50 cm. Muitas das cerca de 250 espécies se enterram em areia ou lama, usando movimentos de sua grande probóscide para forçar o caminho através dos sedimentos; outros habitam fendas de rocha ou coral, ou mesmo conchas vazias de gastrópodes. Eles se alimentam principalmente de detritos.

#### 4.3.9. Echiura

Os Equiurídeos são um tanto semelhantes aos sipunculídeos em tamanho e hábito geral.

A maioria das espécies usa sua grande probóscide não retrátil para procurar comida entre o sedimento. Embora algumas espécies ocorram

intertidalmente, a maioria é encontrado apenas em habitats de águas muito profundas.

#### 4.3.10. Hemichordata

O filo Hemichordata inclui os enteropneustas, ou vermes bolota, que ocorrem intertidalmente, bem como em águas no entorno de fontes hidrotermais. Dentre as cerca de 80 espécies existentes, a maior espécie supostamente atinge comprimentos de mais de 150 cm, mas a maioria é muito menor, em média 10 cm de comprimento. Muitos vivem em tocas escavadas na lama ou areia, outros se movem lentamente sobre a superfície dos sedimentos ou formam emaranhados em substratos consolidados. Os escavadores usam seus probóscides para “arar” o sedimento e a maioria ingere areia ou lama de onde a matéria orgânica é digerida. A quantidade de substrato consumido é indicada pelo grande acúmulo de peças fecais que se acumulam na abertura posterior da toca. Espécies não escavadoras e algumas escavadoras se alimentam de material em suspensão; plâncton e detritos que se aderem a tromba coberta de muco sendo, em seguida, transportados em sulcos ciliados para a boca.

#### 4.3.11. Mollusca

Os membros do filo Mollusca incluem mais de 50.000 espécies marinhas, entre eles os caracóis e nudibrânquios ou lesmas-do-mar (classe Gastropoda) e os mariscos e mexilhões, bivalves (classe Bivalvia). Este filo também inclui os quítons (classe Polyplacophora), com sua concha segmentada em oito placas. Membros menos conhecidos são os escafópodes escavadores (classe Scaphopoda) com conchas em forma de presa e os aplacóforos semelhantes a vermes, sem concha (classe Aplacophora) encontrados em sedimentos. A maioria das espécies de polvo (classe Cephalopoda) também são espécies essencialmente bentônicas, embora sejam capazes de nadar. A grande diversidade deste filo se expressa no fato que os moluscos habitam todas as profundidades dos oceanos, são encontrados sobre e dentro dos sedimentos e possuem espécies representativas em

todos os níveis tróficos, estando presentes em todas as comunidades bentônicas.

#### 4.3.12. Echinodermata

Os Equinodermos (filo Echinodermata) são exclusivamente marinhos. Embora diferindo na aparência externa, todos os equinodermos são caracterizados por possuir simetria radial, sendo o corpo dividido em cinco peças em torno de um eixo central; um esqueleto composto por placas calcárias; e pés em forma de tubo (ambulacrários). As mais de 7.000 espécies são divididas em cinco classes. A classe Asterozoa inclui cerca de 2.000 espécies de estrelas-do-mar, cujos habitats variam das zonas intertidais a cerca de 7.000 m de profundidade. Muitas estrelas-do-mar são carnívoras e podem causar consideráveis impactos nos moluscos cultivados, bem como nos habitats naturais. Outras espécies de estrelas-do-mar se alimentam de detritos ou, mais raramente, de material em suspensão. A classe Ophiurozoa compreende quase 2.000 espécies. Os ofiuróides costumam cobrir algumas regiões do fundo do mar, onde se alimentam do sedimento depositado, de pequenos animais mortos ou vivos, ou da matéria orgânica suspensa.

Algumas das 950 espécies de ouriços-do-mar e bolachas de praia são representantes da classe Echinozoa. Os ouriços são membros conspicuos do macrobentos de costões rochosos, bancos de algas e recifes de coral. Eles usam um aparelho de mastigação especial (Lanterna de Aristóteles) para se alimentar de todos os tipos de matéria orgânica, mas a maioria das espécies de águas rasas são consideradas basicamente herbívoras e as de águas profundas (a cerca de 7.000 m) são consideradas detritívoras. As bolachas de praia são espécies de infauna frequentemente numerosas, algumas sendo capazes de se alimentar de matéria orgânica em suspensão, bem como de detritos. A classe Holothurozoa, contém aproximadamente 1.700 espécies, incluindo os pepinos-do-mar. As espécies epibentônicas de holoturianos podem se alimentar de detritos ou matéria orgânica em suspensão,

sendo espécies infaunais. Embora também sejam encontrados em águas rasas, o maior número de equinodermos abissais são pepinos-do-mar. A classe Crinoidea é o mais antigo grupo de equinodermas e atualmente inclui cerca de 600 espécies de animais conhecidos como lírios-do-mar. Os crinoides habitam e são abundantes, principalmente, em profundidades a partir de 1.500 m, entre 3.000 e 6.000 m, e embora muitas vezes estejam presos ao substrato, são animais móveis capazes de rastejar, bem como de nadar temporariamente. Todos os crinoides se alimentam de matéria orgânica em suspensão.

#### 4.3.13. Ectoprocta (ou Bryozoa)

Os briozoários, pertencem ao filo Ectoprocta, também chamado de filo Briozoa. Apesar de possuírem quase 4.000 espécies marinhas, são pouco conhecidos. Como os hidróides, os briozoários são animais coloniais e sésseis que formam incrustações imperceptíveis ou possuem crescimentos semelhantes a algas marinhas em sedimento consolidado na zona litoral. Algumas espécies também foram observadas em profundidades de mais de 8.000 m. Cada indivíduo é uma pequena colônia, geralmente menores que 0,5 mm de comprimento e na maioria das espécies, essa colônia é envolta de um esqueleto externo de carbonato de cálcio. Possuem um dispositivo especial de captura de alimentos, chamado de lofóforo, que consiste em vários tentáculos ciliados, que podem ser projetados na água para capturar pequenos organismos planctônicos ou detritos em suspensão.

#### 4.3.14. Brachiopoda

Os braquiópodes constituem o filo (Brachiopoda) que possui menos de 300 espécies marinhas que se assemelham a moluscos por terem uma concha calcária bivalvulada, possuindo entre 5 e 80 mm de diâmetro. A maioria habita acima dos 200 m de profundidade e são observados “cimentados” em substrato consolidado. No entanto, alguns dos mais comuns braquiópodes, **ex:** gênero *Lingula*, vivem em tocas verticais na areia ou lama, com alguns

sendo coletados em profundidades de 5.500 m. Como os briozoários, os braquiópodes possuem um lofóforo que é empregado na alimentação.

#### 4.3.15. Crustacea

Os crustáceos estão bem representados no ambiente marinho (Ver capítulo: Crustáceos malacostracos marinhos: aspectos ecomorfológicos dos principais grupos do Nordeste do Brasil). As espécies do meiobentos, incluem ostracodes e os copépodes ciclopoídes e harpacticóides. Os crustáceos são um grupo especialmente abundante cujos membros rastejam ou se enterram em substratos não consolidados. Também incluídos no meiobentos estão os tanaídeos, com 350 espécies. Esses pequenos crustáceos que geralmente não ultrapassam os 2 mm de comprimento, possuem corpo delgado, mais ou menos cilíndrico. Eles são escavadores ou constroem tubos, podendo ser encontrados em todos os níveis de profundidade até os 8.000 m.

Os crustáceos macrobentônicos comuns incluem os isópodes e anfípodes. Os isópodes geralmente têm um corpo achatado de 5 - 15 mm de comprimento; as espécies oceânicas são geralmente maiores, com um gênero alcançando 40 cm de comprimento. Algumas espécies de isópodes são frequentemente observados correndo rapidamente sobre as rochas na zona intertidal, mas algumas espécies são escavadoras, incluindo um grupo que produz túneis dentro da madeira. A maioria das 4.000 espécies marinhas são onívoras necrófagas. Os Anfípodes estão intimamente relacionados aos isópodes, mas diferem pela maioria possuir um corpo comprimido lateralmente. Eles variam, em tamanho, de alguns milímetros a cerca de 30 cm de comprimento, com as maiores espécies ocorrendo na região oceânica. Dependendo da espécie, os anfípodes são capazes de rastejar ou cavar, mas muitos dos habitantes do fundo também são capazes de nadar, mesmo que raramente. Muitas das espécies constroem tocas ou tubos temporários ou permanentes. A distribuição em relação a profundidade neste

grupo varia desde as pulgas de praia, semi-terrestres, que vivem perto do nível da maré alta de sizígia até as espécies vivendo em fossas submarinas na zona hadal. A maioria dos anfípodes são detritívoros ou necrófagos, mas alguns são filtradores especializados.

As Cracas (Cirripedia) são animais marinhos comuns e os únicos crustáceos sésseis. Existem cerca de 800 espécies, incluindo um grande número de parasitas em outros invertebrados marinhos. Estes animais vivem dentro de uma cobertura externa de placas calcárias. Alguns se fixam diretamente aos substratos, outros são “enraizados”. As cracas mais comuns formam aglomerações em regiões rochosas do litoral, mas algumas espécies tornam-se especialmente adaptadas para se fixar a superfícies móveis e vivem nos corpos de baleias, tubarões, tartarugas, serpentes marinhas, peixes-boi, peixes ou caranguejos. Embora a maioria seja mais comum em profundidades mais rasas, algumas espécies foram observadas a pelo menos 7.000 m de profundidade. As cracas de vida livre (não parasitas) se alimentam ao “varrer” ritmicamente seus apêndices emplumados através da água circundante. Esses animais também costumam se fixar em cascos de navios, superfícies de boias e em estacas de cais.

Os crustáceos decápodes bentônicos incluem os caranguejos, siris, lagostas e camarões; o grupo tem representantes tanto na epifauna quanto na infauna. Os decápodes mostram sua maior diversidade em águas mais rasas, mas algumas espécies vivem em profundidades de 5.000 a 6.000 m. O grupo inclui predadores, onívoros e necrófagos. Alguns são filtradores se alimentando de plâncton, mas os detritos costumam ser o alimento dominante. Muitas espécies neste grupo são economicamente importantes como alimento humano e essas espécies, juntamente com os moluscos, constituem importantes categorias da pesca industrial.

#### 4.3.16. Chordata

Os Tunicados ou ascídias (subfilos Urochordata ou Tunicata) são animais sésseis em forma de “barril” (globoso ou cilíndrico) e pertencem ao filo Chordata, classe Ascidiacea. A maioria dos tunicados comuns são organismos solitários, mas também existem muitas espécies que se desenvolvem por brotamento assexuado. As ascídias são comumente encontradas em águas intertidais, presas a substratos consolidados, mas também habitam profundidades de pelo menos 8.000 m. As ascídias possuem duas aberturas: o sifão bucal e o sifão atrial. A água entra pelo sifão bucal e sai pelo sifão atrial, fornecendo passagem para uma corrente de água puxada através do animal pelos cílios. As partículas suspensas são removidas da água por uma camada de muco secretado e o alimento emaranhado é transportado para o intestino pelos cílios. Os tunicados são capazes de remover uma quantidade significativa de plâncton ou material em suspensão da água nas proximidades do fundo oceânico, um único tunicado com apenas alguns centímetros de comprimento pode filtrar cerca de 170 litros de água por dia.

### 4.4. Comunidades bentônicas

#### 4.4.1. Região litorânea

Em relação à maioria dos outros habitats marinhos, as áreas entremarés (litoral) são caracterizadas por grandes flutuações nas condições ambientais. Plantas e animais do litoral são especialmente adaptados para lidar com temperaturas e salinidades variáveis, e para resistir à exposição periódica ao sol e ao ar.

#### 4.4.2. Costões rochosos e praias arenosas

Regiões rochosas no litoral suportam comunidades densas com uma alta proporção de epiflora e epifauna que pode competir pelo espaço limitado. Muitas das espécies sésseis estão dispostas em zonas verticais distintas. O limite superior de qualquer zona particular é muitas vezes definido por limites fisiológicos das espécies, como tolerância à dessecação e mudança de temperatura.

Os limites inferiores dessas zonas são geralmente estabelecidos por fatores biológicos, como predação e competição.

Áreas intertidais de praias arenosas suportam comunidades nas quais os produtores primários são espécies bentônicas de diatomáceas, dinoflagelados e cianofíceas e os animais residentes são predominantemente infauna e meiofauna. A meiofauna é especialmente adaptada para viver entre os grãos de areia, ou nos espaços intersticiais entre as partículas de areia, os animais das praias arenosas possuem adaptações que vão de pequenos tamanhos, formas alongadas, tecidos protegidos por conchas até órgãos adesivos.

A média anual da produção primária é de cerca de  $100 \text{ g.cm}^{-2}$  nos costões, com um máximo de  $1.000 \text{ g.cm}^{-2}$ , em regiões particularmente favoráveis. A produtividade primária bêntica em praias arenosas é inferior a  $15 \text{ g.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  e este sistema depende da energia derivada dos detritívoros e da produção primária na água circundante. Tanto os costões rochosos, quanto as praias arenosas são diretamente afetados pela ação antrópica (pressão imobiliária, turismo e etc.) e poluição ambiental.

#### 4.4.3. Florestas de kelps

As florestas de kelps ocorrem em substratos rochosos em regiões temperadas frias, não ocorrendo no Brasil. O kelp está entre as plantas de crescimento mais rápido e a produtividade dessas regiões variam de cerca de 600 a mais de  $3.000 \text{ g.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ . Muito dessa produção não é consumida diretamente, mas entra na cadeia alimentar dos detritívoros. Os ouriços-do-mar são componentes dominantes das comunidades nessas regiões e sua atividade alimentar influencia muito a estrutura da comunidade.

#### 4.4.4. Estuários e manguezais

O padrão de circulação dos estuários resulta no transporte de nutrientes e os torna uns dos mais produtivos ecossistemas marinhos. Os trechos superiores dos estuários são ocupados por

marismas com uma produção primária total anual variando entre 300 e mais de  $3.000 \text{ g.cm}^{-2}$ . Os bancos de fanerógamas normalmente se formam em áreas do litoral no curso médio de estuários e a produção primária total dessas regiões associadas as epífitas tem cerca de  $600 \text{ a } 1.000 \text{ g.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ . Ambas as comunidades são dominadas por cadeias alimentares baseadas em detritívoros. A alta produtividade dos estuários sustenta densas populações de animais em algumas áreas. No entanto, muitos animais são excluídos de viver em estuários por causa da flutuação da salinidade e, portanto, a diversidade de espécies é baixa. Os manguezais ocorrem ao longo de 60 a 75% das regiões tropicais e subtropicais costeiras. Os principais produtores primários dessas comunidades são tolerantes ao sal, incluindo plantas terrestres que podem viver em substratos lamacentos pobres em oxigênio. As raízes dos manguezais fornecem locais de fixação para a epifauna, e a queda das suas folhas é uma importante fonte de nutrientes e energia para a cadeia alimentar dos detritívoros. A produção primária nos manguezais é estimada entre  $350 \text{ e } 500 \text{ g.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ . Essas regiões também desempenham um papel de berçário para várias espécies marinhas, tornando se assim, ambientes ímpares para a reprodução e desenvolvimentos de diversas delas, incluindo espécies de valor comercial (Ver capítulo: Ciências do mar: origem, conceitos e fundamentos - Vol.1).

#### 4.4.5. Recifes de coral

Os recifes de coral são formados por corais hermatípicos que contêm dinoflagelados simbióticos chamados zooxantelas no seu interior. As algas utilizam dióxido de carbono e produtos residuais do coral na fotossíntese e em troca o coral é fornecido com compostos orgânicos, como glicose e glicerol. A fixação fotossintética pelas zooxantelas fornece apenas parte da energia exigida pelos corais, o restante é fornecido pela predação do zooplâncton e bactérias, e por absorção de matéria orgânica dissolvida. Os produtores primários de recifes de coral incluem fitoplâncton, algas bentônicas, e zooxantelas. A produtividade primária bruta é

muito alta, variando de cerca de 1.500 a 5.000  $\text{g.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ , mas pouco nutriente novo entra no sistema. A alta produção deste sistema suporta uma comunidade com diversidade de espécies muito alta. Os corais crescem relativamente devagar, a taxas de 1 a 10 cm por ano. O crescimento de um recife também é controlado por bioerosão, eventos físicos (tempestades) que destroem a estrutura do carbonato e climáticos (*El Niño*). O crescimento líquido vertical dos recifes varia de poucos mm a quase 30 mm por ano em condições favoráveis. Hoje esses ambientes sofrem com a ação antrópica e com as mudanças climáticas, recifes de coral necessitam de condições ambientais específicas para se desenvolverem, e nos últimos anos a poluição, principalmente costeira, vem mudando e afetando de forma significativa esse ecossistema (Ver capítulo: [Ambientes recifais da região Nordeste: um olhar para a influência da atividade humana - Vol.1](#)).

#### 4.4.6. Oceano profundo

As zonas batial, abissal e hadal juntas constituem mais de 90% do ambiente bentônico. A infauna predomina em sedimentos organicamente ricos e os meiobentos são particularmente diversos. A biomassa bentônica diminui rapidamente com o aumento da profundidade e a produção anual secundária está entre 0,005 e 0,05  $\text{g.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ . A maioria das áreas do oceano profundo dependem da precipitação da produção na zona eufótica, mas apenas uma pequena proporção de matéria orgânica que afunda atinge o fundo oceânico em profundidades acima de 2.000 m, com a limitação de alimento influenciando muitos processos e a estrutura da comunidade do bentos dessa região. Em geral, habitantes típicos do oceano profundo apresentam taxas de metabolismo e crescimento lentas, além de baixa fecundidade.

As fossas oceânicas apresentam caracteristicamente uma alta proporção de espécies endêmicas. A biomassa de animais na zona hadal varia de cerca de 0,008  $\text{g.m}^{-2}$ , em fossas longe do continente e água oligotrófica subjacente, até 9  $\text{g.m}^{-2}$ , em fossas submarinas próximas ao

continente sob água eutrófica (Ver capítulo: [Mar profundo: registro da história e organismos do Nordeste do Brasil - Vol.1](#)).

As fontes hidrotermais quentes e frias sustentam comunidades únicas que são independentes da energia solar e da fotossíntese. Em vez disso, a cadeia alimentar nesses ambientes é baseada na presença de sulfeto de hidrogênio que é utilizado por bactérias quimiossintetizantes para formar compostos orgânicos de dióxido de carbono. As bactérias são as principais produtoras nessas comunidades e elas são consumidas diretamente por animal ou são encontradas em relação simbiótica com esses animais. As fontes hidrotermais quentes e frias suportam concentrações extremamente densas e grandes de animais, e a biomassa pode chegar a 30  $\text{kg.m}^{-2}$ . Embora estes ambientes possuam alimento abundante, relativamente poucos animais desenvolveram a capacidade de viver em altas concentrações de sulfeto de hidrogênio e a diversidade de espécies é baixa.

#### 4.4.7. “Baleias caídas”

Quando a carcaça de uma baleia chega ao fundo do oceano a uma profundidade maior que 1.000 m nas zonas batiais ou abissais, essa carcaça pode criar um complexo ecossistema que fornece sustento para organismos do fundo do mar por décadas. Pesquisadores defendem que existem quatro estágios de decomposição associados à queda de uma baleia. Esses estágios variam em duração e se sobrepõem uns aos outros dependendo do tamanho da carcaça, da profundidade da água e outras variáveis ambientais, como o fluxo das marés. O afundamento de grandes baleias intactas parecem passar pelos quatro estágios de decomposição, enquanto os estágios em carcaças menores ou parciais podem ser incompletos. Cetáceos menores, como botos e golfinhos, devido ao seu pequeno tamanho e menor teor de lipídios, não passam pelos mesmos estágios de sucessão ecológica. Os pesquisadores acreditam que a presença de vermes do gênero *Osedax* (vermes

zumbis ou devoradores de ossos) também pode ser um fator que contribui nas diferenças de sucessão ecológica. Os estágios são:

**Estágio 1** > Começa com “necrófagos móveis”, como peixes-bruxa e tubarões da família Somniosidae, consumindo ativamente o tecido mole da carcaça. O consumo pode ser de 40 a 60 kg por dia.

**Duração:** geralmente, meses até 1,5 anos.

**Estágio 2** > Apresenta os “oportunistas do enriquecimento”. São animais que conseguem “colonizar” os ossos e sedimentos na área adjacente que foram impregnados com matéria orgânica da carcaça e qualquer outro tecido deixado pelos necrófagos móveis. **Duração:** meses até 4,5 anos.

**Estágio 3** > Organismos (bactérias) sulfofílicas quebram anaerobicamente os lipídios embutidos nos ossos. Em vez de oxigênio, eles reduzem o sulfato dissolvido ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e excretam sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Devido à toxicidade do sulfeto de hidrogênio, apenas bactérias quimiossintetizantes resistentes sobrevivem. Os “tapetes” bacterianos são fonte de alimento para bivalves (mexilhões e mariscos) e gastrópodes (lapas e caracóis do mar). Como a presença de lipídios nos ossos das baleias é significativa, representando 4 a 6% do peso corporal, o estágio final de digestão pode durar entre 50 e possivelmente 100 anos.

Alguns cientistas defendem um **Estágio 4** de sucessão ecológica nos locais de afundamento das baleias, chamado de “estágio do recife”. O afundamento de uma baleia entra neste estágio quando os compostos orgânicos são completamente consumidos e apenas os minerais permanecem nos ossos, fornecendo um substrato duro para organismos que se alimentam de matéria em suspensão e para os filtradores.

## 5. O FUTURO DOS OCEANOS

Os oceanos vêm sofrendo ao longo dos anos com a pesca indiscriminada, a poluição e as mudanças climáticas, todos esses fatores estão contribuindo para interferir nas relações ecológicas e estão produzindo mudanças drásticas no ambiente marinho, algumas delas irreversíveis, como a poluição por microplástico por exemplo.

### 5.1. A pesca

A *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), estimou a produção pesqueira global em 2018 atingindo um recorde de 96,4 milhões de toneladas, demonstrando um aumento de 5,4% em relação à média dos três anos anteriores. O aumento foi impulsionado principalmente pela pesca extrativa marinha, cuja produção aumentou de 81,2 milhões de toneladas em 2017 para 84,4 milhões de toneladas em 2018, mas ainda abaixo do recorde de 1996, o qual a pesca extrativa contabilizou 86,4 milhões de toneladas. Se observamos, a pesca extrativa marinha está estagnada em torno de 86 milhões de toneladas, considerando todos os estoques pesqueiros no mundo 65,8% estão biologicamente em níveis sustentáveis de exploração e 34,2% estão sobrepescados. Quando subdividimos esses estoques, 59,6% estão sendo pescados no seu rendimento máximo sustentável, 6,2% estão subpescados e 34,2% estão sobrepescados. O declínio e estagnação das capturas mundiais, acendeu um alerta nos países para o fato de vários estoques pesqueiros poderem ser esgotados e assim alterar os ecossistemas oceânicos em grandes regiões. Mesmo com algum progresso sendo feito para aliviar os problemas de sobrepesca, a atividade pesqueira ainda continua sendo o maior e mais sério impacto humano nos ecossistemas marinhos (Ver capítulos: [Introdução à oceanografia pesqueira](#); [Ordenamento pesqueiro](#); [bioestatística e a avaliação de estoques](#); [Atividade pesqueira artesanal no Nordeste do Brasil](#); [O conhecimento ecológico local \(CEL\) e a gestão compartilhada no manejo de recursos pesqueiros](#); [Pesca fantasma e seus impactos invisíveis na costa Nordeste do Brasil](#)).



## 5.2. A poluição marinha

A poluição marinha foi definida como a introdução por humanos, direta ou indiretamente, de substâncias ou fontes de energia no ambiente marinho, resultando em efeitos prejudiciais, como danos aos recursos; perigos para a saúde humana; obstáculos às atividades marinhas, incluindo a pesca; comprometimento da qualidade da água do mar; e redução de amenidades. Considerando, também, qualquer forma de contaminação em um ecossistema com um impacto prejudicial sobre os organismos neste ecossistema, alterando a taxa de crescimento reprodução de espécies vegetais ou animais, ou interferindo nas condições de amenidades, conforto, saúde ou valores de propriedade, incluindo qualquer modificação física que altere o fluxo de energia ou radiação em um ambiente, elementos ou mesmo a presença de uma espécie invasora. Existem vários tipos de poluentes, entre os com maior destaque estão os metais tóxicos (pesados), hidrocarbonetos (petróleo e seu derivados), agrotóxicos e o plástico. O maior poluente, hoje, no ambiente marinho é o microplástico, estimasse que 90% do sal de cozinha oriundo do mar esteja contaminado com esse tipo de poluente, e que o recorde mundial de lixo plástico que entra nos giros oceânicos foi estimado em 4,8 a 12,7 milhões de toneladas métricas e, com o aumento do uso de plástico e seus produtos, a quantidade total de lixo plástico disponível ao ecossistema marinho deve aumentar substancialmente até o final de 2025 (Ver capítulo: Poluição aquática- Vol.1).

## 5.3. As mudanças climáticas

O clima variável do nosso planeta é moldado por centenas de fatores físicos e biológicos interligados, destacando a interação Oceano/ Atmosfera como a mais importante. O oceano e a atmosfera são extensões um do outro, e os processos naturais, somados a atividade humana, mudaram a atmosfera assim como os oceanos.

Entre as mudanças recentes nos oceanos e na atmosfera mais problemáticas estão as mudanças climáticas e o aquecimento global. A temperatura da superfície da Terra varia lentamente ao longo do tempo. A tendência da temperatura global tem sido geralmente ascendente nos 18.000 anos desde a última era do gelo, mas a taxa de aumento recentemente se acelerou. Este rápido aquecimento é provavelmente o resultado de um efeito estufa intensificado, o aprisionamento de calor pela atmosfera. O aumento da quantidade de gases de efeito estufa na atmosfera, especialmente dióxido de carbono, durante os últimos 100 anos fizeram com que a temperatura do ar da superfície do planeta se elevasse em cerca de 0,74°C, e a temperatura continua subindo. Um aumento semelhante na temperatura da superfície do mar (TSM) também foi observado. As mudanças no clima resultante dos efeitos do aquecimento global afetam tanto processos biológicos como a diversidade e a distribuição de espécies no oceano. O aumento da temperatura do mar afeta a distribuição de espécies marinhas, a quantidade de oxigênio da água, a saúde de recifes de coral e os padrões de ventos e chuvas (Ver capítulos: Interações energéticas oceano-atmosfera; Elementos de meteorologia física e interações meteoceanográficas - Vol.1).

Os organismos marinhos são vulneráveis às mudanças climáticas. Se considerarmos que materiais e energia fluem de um organismo para outro via teias alimentares dentro e entre os ecossistemas, e que a mudança climática altera as condições físicas e químicas do oceano, possivelmente essas mudanças podem ultrapassar os limites de tolerância de muitos organismos. Se esses organismos forem incapazes de evitar ou se adaptar a essas condições e alterações, eles podem morrer individualmente ou extinguir-se como espécies. Um exemplo importante da vulnerabilidade dos organismos marinhos é o fenômeno do branqueamento do coral. Em resposta a elevadas temperaturas da superfície do mar, os pólipos do coral expulsam as algas zooxantelas. Sem as zooxantelas, que são responsáveis por dar

cor aos corais, os corais depois da sua expulsão aparecem brancos, essa condição é conhecida como branqueamento do coral. Um aumento na temperatura da superfície do mar na ordem de 1 ou 2°C são suficientes para estressar o coral, causando branqueamento. Essas mudanças frequentemente já têm efeitos imprevisíveis em um ecossistema sob forte pressão.

#### 5.4. As Ciências do Mar

As Ciências do Mar terão um importante papel no futuro dos oceanos e nas pesquisas para diminuir as ações antrópicas nesses ambientes. Assim, como alunos, professores e pesquisadores das ciências marinhas, devemos repensar e nos perguntar: Qual será o nosso papel para o futuro dos oceanos? Em 2021 entramos na Década da ONU da Ciência do Oceano, 2021-2030, e dentro do seu **Objetivo 14: Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável**, deixamos aqui a pergunta: Quais as suas ações para mudar o futuro dos oceanos?.

## REFERÊNCIAS

- AGUZZI, J.; FANELLI, E.; CIUFFARDI, T.; SCHIRONE, A.; DE LEO, F. C.; DOYA, C.; KAWATO, M.; MIYAZAKI, M.; FURUSHIMA, Y.; COSTA, C.; FUJIWARA, Y. **Faunal activity rhythms influencing early community succession of an implanted whale carcass offshore Sagami Bay, Japan**. *Scientific Reports*. 8 (1): 11163. Bibcode:2018NatSR...811163A. 2018. doi:10.1038/s41598-018-29431-5. ISSN 2045-2322. PMC 6057991. PMID 30042515.
- ALLISON, PETER A.; SMITH, CRAIG R.; KUKERT, HELMUT; DEMING, JODY W.; BENNETT, BRUCE A. **Deep-water taphonomy of vertebrate carcasses: a whale skeleton in the bathyal Santa Catalina Basin**. *Paleobiology*. 17 (1): 78–89. 1991. doi:10.1017/S0094837300010368. JSTOR 2400991.
- BRYNER, JEANNA (21 September 2009). **New Worm Species Discovered on Dead Whales**. *Live Science*. <<https://www.livescience.com/5744-worm-species-discovered-dead-whales.html>>Acesso em: 19 nov. 2020.
- CASTRO, P.; HUBER, M. E. **Biologia marinha**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012. 480 p.
- CLARKE, S. C., MCALLISTER, M. K., MILNER-GULLAND, E. J., KIRKWOOD, G. P., MICHIESENS, C. G. J., AGNEW, D. J., PIKITCH, E. K., NAKANO, H., SHIVJI, M.S. **Global estimates of shark catches using trade records from commercial markets**. *Ecology Letters* 9(10): p. 115–1126. 2006.
- CROCODILO-DE-ÁGUA-SALGADA. In: WIKIPÉDIA, **a enciclopédia livre**. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Crocodilo-de-%C3%A1gua-salgada&oldid=59616135>>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- DA SILVA RODRIGUES FILHO, L. F.; DE LUNA SALES, J. B. **Chondrichthyes-Multidisciplinary Approach**. 2017.
- DAMOTHARAN, P., M. ARUMUGAM, S. VIJAYALAKSHMI AND T. BALASUBRAMANIAN. **Diversity, Biology and Ecology of sea snakes (Hydrophiidae) distributed along the Parangipettai coast, southeast coast of India**. *Inter. J. Curr. Sci. Res.*, 4: p. 62–69, 2010.
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA), Food and Agriculture Organization**, Rome, 2020. 224 p.
- GARRISON, T.; ROBERT ELLIS. **Oceanography: an invitation to marine science**. Cengage Learning, 2016. 646 p.
- HILARIO, A.; CUNHA, M. R.; GÊNIO, L.; MARÇAL, A. R.L; RAVARA, A.; RODRIGUES, C. F.; WIKLUND, H. **First clues on the ecology of whale falls in the deep Atlantic Ocean: results from an experiment using cow carcasses**. *Marine Ecology*. 36 (S1): 82–90. Bibcode:2015MarEc.36.82H. 2015. doi:10.1111/maec.12246. ISSN 1439-0485.

- HYDROPHIINAE. In: WIKIPÉDIA, **a enciclopédia livre**. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Hydrophiinae&oldid=59680431>>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- JENNA R. JAMBECK, ROLAND GEYER, CHRISWILCOX, THEODORE R. SIEGLER, MIRIAM PERRYMAN, ANTHONY ANDRADY, RAMANINARAYAN, KARA LAVENDER LAW, **Plastic waste inputs from land into the ocean**, *Science*, 2015. doi: 10.1126/science.1260352.
- BRANCO, J. O. **AVES MARINHAS - Apostila das aulas de Nectologia do Curso de Oceanografia do CTTMar**. 2001.
- KARLESKINT, G.; TURNER, R.; J. W. SMALL. **Introduction to Marine Biology**, Brooks/Cole, Belmont, 3rd ed, 2010. 598 p.
- LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. **Biological Oceanography: An Introduction**, 301 pp., Elsevier, New York. 1993.
- LITTLE, C. T. **Life at the Bottom: The Prolific Afterlife of Whales**. *Scientific American*. 302 (2): 78–82, 84. 2010. doi:10.1038/scientificamerican0210-78. PMID 20128227.
- MANEL, S., GUERIN, P. E., MOUILLOT, D. et al. **Global determinants of freshwater and marine fish genetic diversity**. *Nat Commun* 11, 692. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14409-7>.
- MARCENIUK, A.P.; BARTHEM, R.B.; WOSIACKI, W.B.; DE MACEDO KLAUTAU, A.G.C.; VASKE, T.; ROTUNDO, M.M.; CORDEIRO, A.P.B.; ROMÃO-JÚNIOR, J.G.; ROSA DOS SANTOS, W.C.; DA SILVA REIS, T.; MUNIZ, M.R.; CARDOSO, G.S.; VIANA, S.T.F.L. **Sharks and batoids (Subclass Elasmobranchii) caught in the industrial fisheries off the Brazilian North coast**. *Revista Nordestina de Biologia*, 27 (1): 120-142p. 2019.
- NICOL, S.; ENDO, Y. **Krill fisheries of the world**. FAO Fisheries Technical Paper, 367: 1997 100 p.
- PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Org.). **Biologia marinha**. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 631 p.
- PINÍPEDES. In: WIKIPÉDIA, **a enciclopédia livre**. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Pin%C3%ADpedes&oldid=59724687>>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- SAES, R. V. S. T. S. **Princípios de oceanografia** / Renan Vandré da Silva Toscano Saes. [et al.].- Teresina EDUFPI, 2018. 164 p.
- SEGAR, D. A. **Introduction to ocean sciences** / Douglas A. Segar with contributions from Elaine Stamman Segar. 2018. 537 p.
- SILVA, C. R. O. **Tartarugas marinhas do Brasil comportamento e conservação**. Trabalho de conclusão (monografia) de curso Licenciado em Ciências Biológicas - Universidade de Brasília Faculdade de Ciências da Saúde, Brasília. 2018. Disponível em: <[repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/2387/2/9508984.pdf](https://repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/2387/2/9508984.pdf)>. Acesso em: 18 de nov.2020.
- SMITH, C. R.; BACO, A. R. **Ecology of whale falls at the deep-sea floor**. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. 41. p. 311–354. 2003.
- SMITH, C. R.; GLOVER, A. G.; TREUDE, T.; HIGGS, N. D.; AMON, D. J. **Whale-Fall Ecosystems: Recent Insights into Ecology, Paleoecology, and Evolution**. *Annual Review of Marine Science*. 7 (1): 571–596. Bibcode:2015ARMS.7.571S. 2015. doi:10.1146/annurev-marine-010213-135144. PMID 25251277. S2CID 43201905.
- SOURNIA, A.; CHRÉTIENNOT-DINET, M. J.; RICARD, M. **Marine plankton: How many species in the world oceans?** *Journal of Plankton Research* 13: p. 1093–1099. 1991.
- SUBHANKAR, C.; SHIVIKA, S. **Microplastics in our oceans and marine health**, *FieldActions Science Reports* [Online], Special Issue 19 | 2019, Online since 01 March 2019, connection on 10 December 2020. URL: <http://journals.openedition.org/factsreports/5257>.
- SWOT Report. **The State of the World's Sea Turtles**, vol. XV. 2020. 58 p.
- TRUJILLO, A. P.; THURMAN, H.V. **Essentials of oceanography**. 10th ed. Estados Unidos: Prentice Hall. 2011. 551 p.
- UN GENERAL ASSEMBLY. **Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development**, A/RES/70/1. 2015. Available at <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Acessado: 09 de janeiro, 2021. Google Scholar.
- WEIGMANN, S. **Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity**. *Journal of Fish Biology*, 88(3), p. 837–1037. 2016. doi:10.1111/jfb.12874.
- WIEBE, P. H.; COPLEY, N. J.; BOYD, S. H. **Coarse-scale horizontal patchiness and vertical migration in newly formed Gulf Stream warm-core ring 82-H**. *Deep-Sea Research* 39, Suppl. 1: p. 247–278. 1992.
- WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. (2020, November 14). Whale fall. In Wikipedia, **The Free Encyclopedia**. Retrieved 21:08, November 21, 2020, from [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Whale\\_fall&oldid=988701135](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Whale_fall&oldid=988701135).

# FITOPLÂNCTON MARINHO TROPICAL

2

Pedro Augusto Mendes de Castro MELO<sup>1</sup>  
Amanda Yumi OTSUKA<sup>1</sup>  
Christiana Kelly da Silva GREGO<sup>2</sup>  
Enide ESKINAZI-LEÇA<sup>3</sup>  
Eveline Pinheiro de AQUINO<sup>4</sup>  
Fernando Antonio do Nascimento FEITOSA<sup>1</sup>  
Gabriel Bittencourt FARIAS<sup>1</sup>  
Cislayne Cristina Palmeira BORGES<sup>1</sup>  
Kaio Henrique Farias da SILVA<sup>1</sup>  
Leandro Cabanez FERREIRA<sup>1</sup>  
Marcella Guennes Tavares de OLIVEIRA<sup>1</sup>  
Marius Nils MÜLLER<sup>1</sup>  
Nayana Buarque Antão da SILVA<sup>1</sup>  
Sírleis Rodrigues LACERDA<sup>5</sup>  
Maria da Glória Gonçalves da Silva CUNHA<sup>1</sup>

**1** Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

**2** Secretaria de Educação de Pernambuco

**3** Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

**4** Instituto de Desenvolvimento Rural/UNILAB

**5** Universidade Regional do Cariri - URCA

## 1. POR QUE FITOPLÂNCTON?

Desde a primeira definição proposta por Hensen em 1886, o termo plâncton (do grego *plagktós*, errante) sofreu várias atualizações e posteriormente diversas formas de classificá-lo foram definidas. Atualmente, podemos defini-lo como o conjunto de pequenos organismos, de micrômetros a poucos centímetros, que vivem à deriva na coluna d'água, e apesar de muitos de seus representantes possuírem movimentos natatórios significativos, estão à mercê das correntes. Este grupo possui uma grande diversidade biológica e sua composição vai desde bactérias até cordatos.

Dentre esses organismos, temos o fitoplâncton, o qual pode ser definido como o conjunto de microrganismos unicelulares fotossintéticos, adaptados a viver parcialmente ou continuamente no ambiente pelágico (Reynolds, 2006). Ou seja, é a parte fotoautotrófica do plâncton. É constituído por um número diversificado de grupos taxonômicos, conhecidos genericamente como microalgas. Possuem uma diversidade de formas, incluindo indivíduos flagelados, ameboides e formas sem movimento próprio. Devido à necessidade de permanecerem na zona fótica e, em sua maioria, ter densidade maior que a da água em função da constituição de suas paredes celulares de sílica, carbonato de cálcio ou celulose, apresentam adaptações especiais para garantir sua flutuabilidade, tais como a presença de cerdas e espinhos, formação de colônias, formas alongadas,

gotas de óleo e presença de bainha e/ou mucilagem (Eskinazi-Leça et al., 2004).

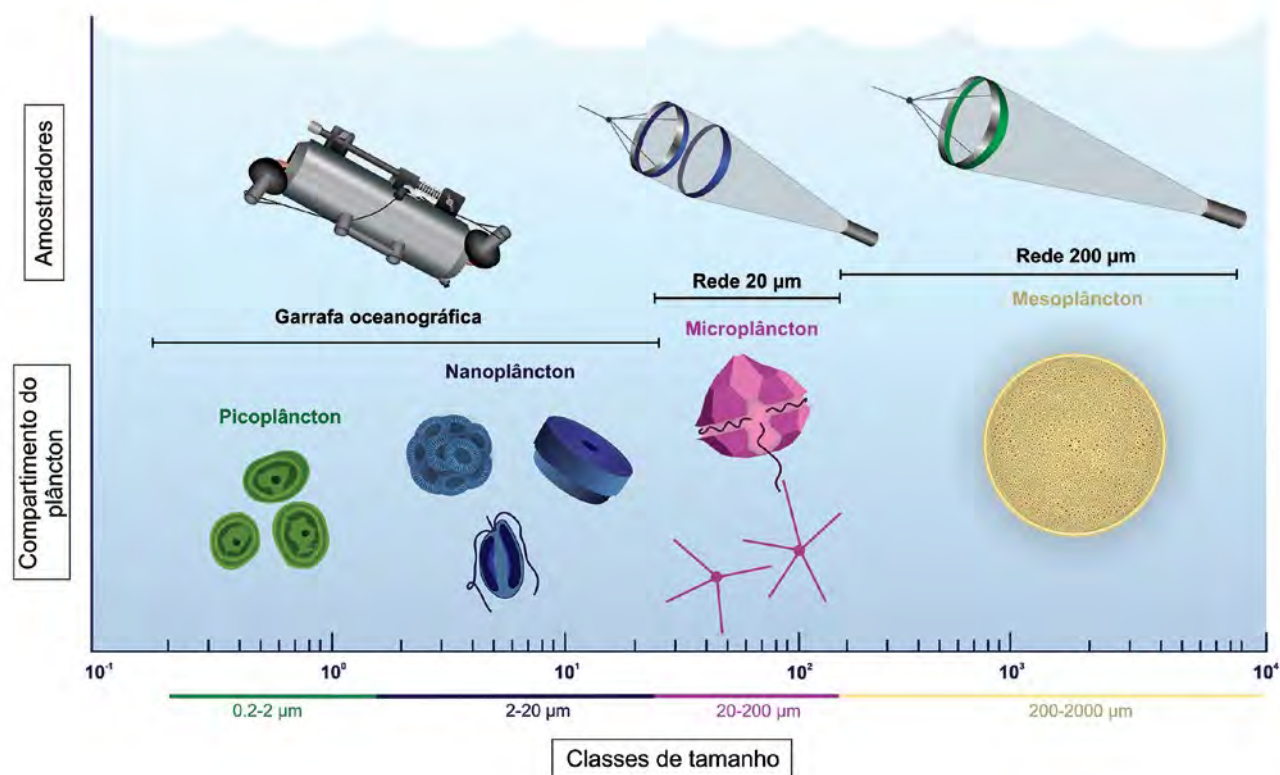
O fitoplâncton pode ser classificado considerando diferentes aspectos biológicos e ecológicos, tais como ciclo de vida, habitat, tamanho e nutrição. Quanto ao ciclo de vida, podemos classificar os organismos como holoplâncton, que é constituído por espécies que passam todo o ciclo de vida no plâncton, ou meroplâncton, aqueles que possuem apenas uma parte do ciclo de vida no plâncton. Apesar desse conceito ser melhor observado para organismos do zooplâncton, também é empregado para o fitoplâncton, uma vez que algumas espécies podem formar esporos e estágios de resistência, os quais irão se depositar no substrato, principalmente em regiões costeiras. Alguns autores consideram ainda o ticoplâncton, que é formado por organismos não planctônicos, que eventualmente podem ser encontrados no plâncton, devido a sua ressuspensão por motivos diversos.

Quanto ao habitat, podemos separar o fitoplâncton límnic (de água doce) e o marinho, este último dividido em nerítico e oceânico, em que os neríticos vivem nas águas costeiras, no limite da plataforma continental ou província nerítica, e os oceânicos vivem além deste limite.

Outra classificação de grande relevância em estudos do plâncton está relacionada ao tamanho dos

organismos e tem sido amplamente adotada para distinguir grupos funcionais dentro do plâncton. Nesse contexto, Sieburth et al. (1978) classifica desde vírus até organismos nectônicos, estando o fitoplâncton classificado em 4 classes de tamanho, em micrômetros, sendo 1  $\mu\text{m}$  correspondente à 0,001 milímetros (Fig. 2.1). O fitoplâncton possui representantes de tamanhos do picoplâncton (0,2 a 2  $\mu\text{m}$ ), nanoplâncton (2 a 20  $\mu\text{m}$ ), micropoplâncton (20 a 200  $\mu\text{m}$ ) e mesoplâncton (200 a 2.000  $\mu\text{m}$ ). O picoplâncton é composto em sua

maior parte por bactérias, enquanto o nanoplâncton inclui o fitoplâncton de pequeno tamanho, como a maior parte das diatomáceas, flagelados e coccolitoforídeos. No micropoplâncton, encontramos o fitoplâncton maior, representado por grandes diatomáceas ou aquelas que formam colônias, dinoflagelados, entre outros. O mesoplâncton, composto majoritariamente por organismos zooplantônicos, é a maior classe de tamanho com representantes do fitoplâncton, com a presença de diatomáceas muito grandes e bastante raras.



**Figura 2.1** Equipamentos para amostragem, organismos alvo e suas respectivas classes de tamanho.

Quanto ao tipo de nutrição, os organismos fitoplanctônicos, em sua maioria, são fotoautotróficos, mas alguns podem ser mixotróficos ou heterotróficos facultativos (Lee, 2018). Os fotoautotróficos utilizam compostos inorgânicos como fonte de carbono, principalmente o  $\text{CO}_2$ , e a luz do sol como fonte de energia. No caso dos mixotróficos, os organismos se comportam

temporariamente como heterotróficos, sendo capazes de usar compostos orgânicos do meio aquático. Esses compostos podem ser absorvidos a partir de matéria orgânica particulada (MOP), via vesículas alimentares (fagotrofia), ou a partir de matéria orgânica dissolvida (MOD), via membrana plasmática (osmotrofia). Quando proveniente de matéria morta, as espécies são ditas saprófitas.

O fitoplâncton possui um papel central nos ambientes aquáticos por ocupar a base da teia trófica, sendo responsáveis por cerca de 95-98% da produção primária desses ambientes e cerca de 50% da produção primária global (Field et al., 1998). O crescimento, abundância e composição das comunidades fitoplanctônicas são sujeitos a mudanças, espacial e temporal, haja vista à influência dos fatores físicos, químicos, climáticos e biológicos sobre a comunidade. De maneira geral, essas variações irão afetar, conseqüentemente, o zooplâncton e os demais níveis tróficos do ambiente. A importância do fitoplâncton não se limita ao seu papel como produtor primário. Durante a fotossíntese ainda há a produção de oxigênio, sendo esses organismos responsáveis por aproximadamente 80% do oxigênio que respiramos. Eles ainda podem moldar os ciclos biogeoquímicos e a ciclagem global do carbono, além de atuar em processos de sequestro de carbono da zona fótica para o mar profundo.

Por sua grande diversidade taxonômica e variedade de características morfológicas e fisiológicas, são organismos que apresentam extraordinária capacidade adaptativa nos mais diversos tipos de ambientes e, em alguns casos, podem tolerar condições bastante adversas. A amplitude de respostas possíveis das diferentes espécies frente às condições ambientais é um dos motivos que justificam o uso do fitoplâncton como bioindicadores da qualidade e do estado trófico dos ecossistemas aquáticos.

Apesar de hoje compreendermos a importância da comunidade fitoplanctônica, essa nem sempre foi a realidade. O conhecimento dos primeiros microrganismos marinhos está relacionado à descoberta da microscopia. Essa nova tecnologia, à época, despertou nos cientistas grande interesse pelo mundo microscópico, permitindo o início dos estudos das comunidades planctônicas. Em 1672 Van Leeuwenhoek fez o primeiro registro de um organismo planctônico, o *Mesodinium rubrum* (Lohmann) Leegard, um ciliado de

zonas costeiras. No período subsequente outras espécies foram descritas e a partir dos estudos de Ehrenberg, em 1823, intrigado com a ocorrência de florações presentes no Mar Vermelho, iniciou uma abordagem ecológica do fitoplâncton. Até este momento, os pesquisadores nem utilizavam o termo plâncton ainda, o qual só surgiu em 1886. Victor Hensen, que é considerado o pai da planctologia, junto com o seu contemporâneo Ernst Haeckel, que redefiniu o termo plâncton e empregou termos derivados como nanoplâncton, micropilâncton e mesoplâncton, são os principais nomes do início do estudo do plâncton como ciência. Hensen foi ainda o primeiro a aplicar métodos quantitativos para avaliar a distribuição, abundância e produtividade desses organismos microscópicos. Em 1892, Franz Schütt produziu o primeiro trabalho geral sobre a biologia do fitoplâncton.

Os primeiros estudos sobre o plâncton no Brasil são datados do final do século XIX, visto o interesse e ocorrência de expedições internacionais, a exemplo da “*Plankton Expedition*” em águas brasileiras. Entretanto, a efetiva implantação dos estudos sobre o fitoplâncton marinho ocorreu no início do século XX com uma série de trabalhos taxonômicos sobre as diatomáceas, realizados por Zimmermann (1913-18). O Nordeste do Brasil destaca-se como um polo no estudo do fitoplâncton desde a década de 1960, sobretudo com os trabalhos iniciados no estado de Pernambuco (Eskinazi & Satô, 1963; Ottmann et al., 1965).

## 2. O AMBIENTE AO REDOR DO FITOPLÂNCTON

O crescimento e a sobrevivência do fitoplâncton dependem da radiação solar e do fornecimento de macro e micronutrientes essenciais para a produção primária, como, por exemplo, carbono, nitrogênio, fósforo, ferro e muitos outros elementos presentes na água do mar. Além disso, vários fatores físicos (**ex:** temperatura e correntes),

químicos (**ex:** salinidade e sistema carbonato) e biológicos (**ex:** herbivoria e interação entre espécies) podem influenciar a distribuição espaço-temporal do fitoplâncton. Quando estendemos a escala de tempo para milhões de anos, fatores geológicos também podem desempenhar um papel para a distribuição do fitoplâncton, tais como o movimento das placas tectônicas e a abertura dos supercontinentes Rodinia e Pangea, que criou novos nichos ecológicos pelo aumento de áreas costeiras, propiciando novas adaptações evolutivas e consequentemente uma diversificação do fitoplâncton marinho (Katz et al., 2007).

As densidades das populações fitoplanctônicas mostram grandes flutuações devido à baixa resistência e alta resiliência, que é diferente em comparação às populações de organismos complexos e multicelulares, tais como peixes e mamíferos marinhos, que apresentam uma maior capacidade de tamponar flutuações no ambiente físico-químico. Assim, mudanças nas características do ambiente aquático serão primeiramente observadas na composição e densidade da comunidade fitoplanctônica.

A temperatura é um fator universal para todas as reações enzimáticas e assim essencial para processos metabólicos do fitoplâncton. Geralmente, o aumento da temperatura implica em um aumento da atividade enzimática. Mas, se as temperaturas permanecem altas demais, a atividade da enzima diminui e a proteína ou a enzima desnatura. Cada espécie do fitoplâncton tem requisitos de temperatura específicos, que são determinados pelas taxas de reações enzimáticas. Nas regiões tropicais, a temperatura da água fica relativamente estável ao longo do ano. Por exemplo, na costa do Nordeste do Brasil, a temperatura média varia entre 23 e 27°C e, assim, outros fatores ambientais acabam tendo uma maior influência na abundância, distribuição e composição da comunidade fitoplanctônica.

## 2.1. Luz e radiação solar

A luz é definida como a parte visível do espectro de radiação eletromagnética do sol, com comprimento de onda entre 400 e 700 nm. A faixa de onda dentro da qual as plantas podem fotossintetizar corresponde aproximadamente àquela da visão humana e, portanto, podemos nos referir ao tipo particular de radiação solar simplesmente como luz ou ainda como radiação fotossinteticamente ativa (traduzido do inglês *Photosynthetically Active Radiation* ou a sigla PAR) e é expressa na unidade de  $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . A quantidade de energia ou radiação solar que penetra à superfície do oceano depende do ângulo em que a luz atinge a superfície. Perto do equador e nas regiões tropicais, a luz atinge a superfície do oceano quase perpendicular e por isso mais energia penetra à superfície da água, em comparação aos polos e as altas latitudes. Nos primeiros 10 m, a água absorve mais de 50% da energia da luz visível. Mesmo em águas tropicais límpidas, apenas cerca de 1% da luz, principalmente na faixa azul, penetra até 100 m. Consequentemente, o fitoplâncton está limitado às águas superficiais bem iluminadas, denominadas de zona eufótica, que se estende desde a superfície até a profundidade do ponto crítico ( $\sim 0,1\%$  da radiação solar). Ao contrário do que podemos pensar, o fitoplâncton não é mais abundante nas regiões com máxima iluminação nos oceanos, e isso se deve a dois fatores:

- 1) as fortes intensidades luminosas são, por vezes, inibidoras ou perturbadoras da capacidade fotossintética e
- 2) outros fatores limitam o seu crescimento, como as concentrações de nutrientes.

## 2.2. Nutrientes

Na forma básica, toda replicação de uma célula fitoplanctônica precisa absorver e assimilar uma cota de nutrientes inorgânicos semelhantes à da célula-mãe, para que as células-filhas tenham uma composição química igual. Quando os nutrientes



estão ausentes ou em baixa concentração, limitam o crescimento ou replicação. A limitação de crescimento de organismos fotossintéticos pelos nutrientes foi descoberta pelo químico alemão Justus von Liebig e também é conhecida como a lei do mínimo (Liebig, 1841). Alguns nutrientes são necessários em grande abundância (carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio), são os chamados macronutrientes, e outros em menores quantidades (fósforo e enxofre), os micronutrientes, ambos sendo utilizados para a síntese da matéria orgânica. Esse conjunto de elementos necessários para a produção de biomassa também é conhecido como CHONPS (Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio, Fósforo e Enxofre). Em geral, os macronutrientes são assimilados na biomassa do fitoplâncton conforme a razão molar de Redfield com C:N:P = 106:16:1 (Redfield, 1934). A abundância de nutrientes na zona eufótica depende principalmente de dois processos:

- 1) do fornecimento de novos nutrientes, seja através do aporte de rios em regiões costeiras ou pela mistura vertical da coluna de água em regiões oceânicas (que promovem ascensão de águas profundas ricas em nutrientes) e
- 2) da taxa da remineralização de nutrientes pelas bactérias na zona eufótica.

Em ilhas oceânicas do Nordeste do Brasil, como nos Arquipélagos de Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo e no Atol das Rocas, esse processo de mistura vertical pode ser observado provocando uma variação da estrutura vertical e o enriquecimento de nutrientes na superfície e consequentemente das comunidades biológicas ao redor das ilhas (Longhurst & Pauly, 2007).

### 2.3. Salinidade

A principal diferença entre a água doce e a água do mar é a concentração total e a proporção relativa dos íons dissolvidos na solução. Embora o cloreto de sódio (NaCl) seja o principal componente de sal

da água do mar, as propriedades da água do mar e das soluções de NaCl puro são bastante diferentes. A água do mar é uma solução complexa de misturas de eletrólitos de tipos de cargas diferentes, onde muitos outros íons, como  $Mg^{2+}$  e  $SO_4^{2-}$ , devem ser considerados. Altas concentrações de sais solúveis ou de salinidade podem afetar o fitoplâncton, por meio de dois mecanismos primários:

- 1) efeito osmótico e
- 2) efeitos específicos de íons (**ex:**  $Ca^{2+}$ ,  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$ , etc.).

Ao longo da sua trajetória evolutiva, as comunidades fitoplanctônicas se adaptaram aos ambientes de água doce, de água salobra e de água do mar. Assim, podemos encontrar comunidades específicas dependendo da salinidade, como pode ser observado em vários estuários do Nordeste brasileiro. Mudanças na composição espacial dos grupos fitoplanctônicos ao longo dos estuários são comuns, desde a prevalência de clorofíceas em regiões de água doce, até a dominância de diatomáceas nas regiões de salinidade mais alta (Muylaert et al., 2009). Além do transporte fluvial de água doce nas áreas costeiras, a pluviosidade, variando entre os períodos seco e chuvoso, pode fortemente reduzir a salinidade na superfície e assim afetar a composição espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica no Nordeste do Brasil (Lacerda et al., 2004).

### 2.4. Sistema carbonato

O carbono é um elemento essencial para formar os blocos de construção básicos da vida, tais como carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos. No ambiente aquático assim como no terrestre, os produtores primários assimilam o  $CO_2$  gasoso e o transformam em matéria orgânica através da enzima rubisco. Entretanto, diferentemente do ambiente terrestre, no ambiente aquático o  $CO_2$  reage com a água e forma um equilíbrio químico entre três formas de carbono:  $CO_2 \rightleftharpoons HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-}$ , que em conjunto é determinado como carbono inorgânico dissolvido

(CID). O maior percentual de CID encontra-se na forma de  $\text{HCO}_3^-$  e apenas cerca de 1% do CID está disponível na forma de  $\text{CO}_2$ . Assim, a disponibilidade do dióxido de carbono pode ser um fator limitante para o crescimento de produtores primários no ambiente aquático. O equilíbrio entre as três formas de carbono também determina a concentração de hidrogênio livre na água e conseqüentemente o pH aquático (Zeebe & Wolf-Gladrow, 2001). Mudanças no pH da água do mar podem diretamente interferir na fisiologia do fitoplâncton que, por exemplo, é relacionado ao processo de acidificação oceânica (ver sobre os efeitos das mudanças climáticas).

## 2.5. Variações temporais

O fitoplâncton apresenta variações sazonais de grande amplitude, que se repetem regularmente. Acontecem, principalmente, devido às mudanças ocorridas na estrutura das populações, tais como crescimento, mortalidade, afundamento, herbivoria e migrações. Podemos observar quatro tipos principais de variações temporais de larga escala geográfica na abundância de espécies nas comunidades do fitoplâncton:

- 1) Nas águas árticas e antárticas há ocorrência de um único pico anual de abundância;
- 2) Nas águas temperadas do Atlântico Norte ocorrem dois picos de abundância, um na primavera e outro no outono: o pico de primavera possui uma amplitude maior do que aquele que ocorre no outono;
- 3) Nas águas tropicais, como no Nordeste do Brasil, geralmente não há um pico de abundância, apenas uma pequena oscilação ao longo do período anual;
- 4) Nas regiões costeiras sujeitas à influência de ascensão de águas profundas, denominada ressurgência, a abundância fitoplanctônica pode ser afetada de maneira acentuada a nível local em determinadas épocas do ano.

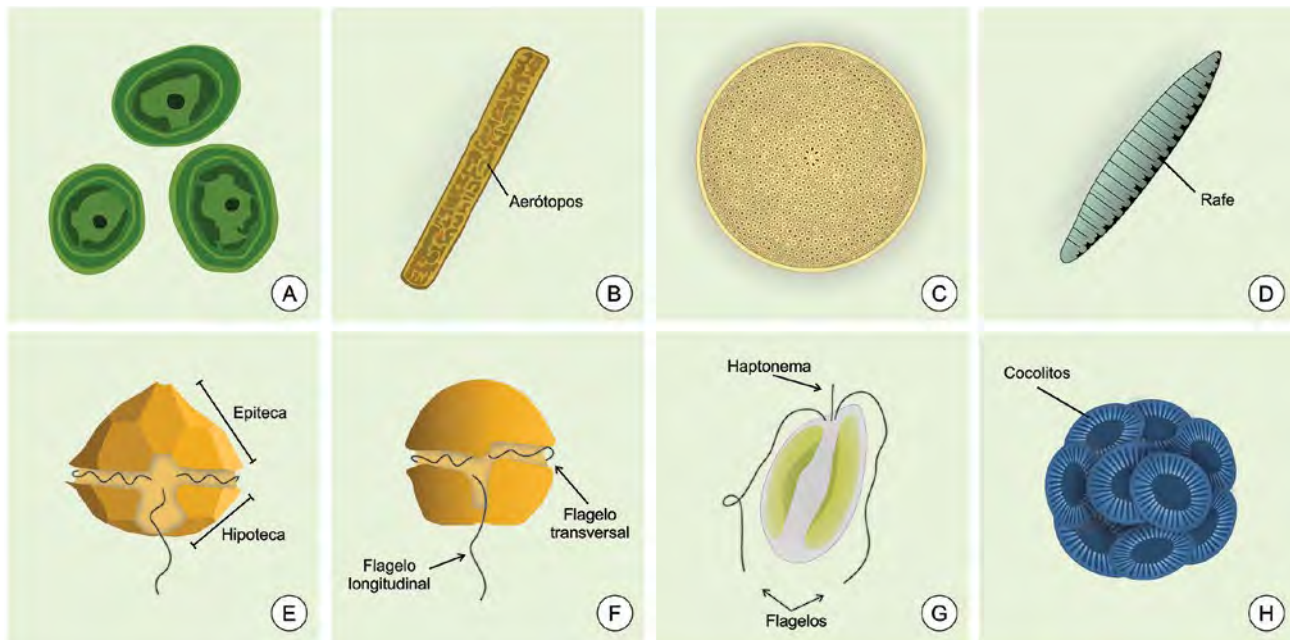
## 3. QUEM É QUEM NO FITOPLÂNCTON?

O fitoplâncton marinho é formado por organismos procariontes e eucariontes, de diversos grupos taxonômicos. Para o Nordeste brasileiro, sete grupos são comumente encontrados (Silva-Cunha et al., 2019): cianobactérias (Cyanobacteria), euglenofíceas (Euglenophyta), dinoflagelados (Pyrrophyta), diatomáceas (Ochrophyta), criptofíceas (Cryptophyta), haptofíceas (Haptophyta) e clorofíceas (Chlorophyta), quando consideramos as áreas oceânicas, neríticas (plataforma continental) e costeiras (lagunas, baías, praias e estuários). Dentre esses grupos, quatro são de maior ocorrência: as cianobactérias, os dinoflagelados, as diatomáceas e as haptofíceas (Fig. 2.2).

### 3.1. Cianobactérias

As cianobactérias compõem a parte procarionte do fitoplâncton, sendo, portanto, bactérias fotossintetizantes. Enquanto procariontes, não apresentam organelas e membranas, sendo, por muitas vezes, estudadas no bacterioplâncton. Em contrapartida, uma vez fotossintetizantes, os ficologistas as consideram como componentes do fitoplâncton. São referidas na literatura como cianobactérias, cianofíceas, algas azuis-esverdeadas ou bactérias azuis. Evolutivamente foram a base do desenvolvimento dos plastídeos e importantes na oxigenação do planeta. Seu papel na história geológica da Terra pode ser visto nos estromatólitos: rochas fósseis formadas principalmente pela sedimentação de bactérias, algumas datando cerca de 3,5 bilhões de anos.

As cianobactérias são unicelulares ou coloniais, em formas cocóides e filamentosas (Fig. 2.2A-B), ausentes de cílios ou flagelos. As filamentosas podem se agregar e formar massas visíveis, como os populares lodos, na superfície de solos e rochas úmidas. As células em colônias comumente estão



**Figura 2.2** Diversidade morfológica do fitoplâncton marinho. Cianobactérias **A)** *Prochlorococcus* sp. cocóide e **B)** *Trichodesmium* sp. de forma filamentosa e com aerótopos; Diatomáceas **C)** *Coscinodiscus* sp. de forma cêntrica e valva ornamentada e **D)** *Nitzschia* sp. de forma penada e com rafe; Dinoflagelados **E)** *Peridinium* sp. com tecas e **F)** *Gymnodinium* sp. atecado; Haptófitas **G)** *Prymnesium* sp. com o haptonema e **H)** *Coccolithus* sp. formado por cocólitos.

envoltas por uma bainha de mucilagem, que atua na proteção contra os raios solares.

São organismos autótrofos, dotados de clorofila *a* e pigmentos acessórios, os carotenóides e as ficobilinas, sendo a ficoeritrina, ficocianina e aloficocianina, estruturadas em ficobilissomos. Os produtos de reserva energética são os grânulos de polifosfato, o glicogênio e o amido das cianofíceas. Além de apresentarem clorofila *a* e carotenóides, algumas espécies são dotadas de clorofilas *b* e *d*, mas ausentes de ficobilinas. Correspondem a um grupo em particular de cianobactérias, que apresentam a mesma pigmentação encontrada nas algas verdes e plantas terrestres. São conhecidos apenas três gêneros: *Prochloron*, *Prochlorothrix* e *Prochlorococcus*, sendo este último o menor organismo fotossintetizante conhecido, dentre procariontes e eucariontes, com cerca de 0,6 µm de diâmetro e talvez o mais numeroso na face da Terra. Ou seja, sua elevada biomassa produz considerável quantidade de oxigênio para a atmosfera.

Representam um papel importante no ciclo dos gases, devido à capacidade fotossintética e de fixação do nitrogênio atmosférico. Este último ocorre graças à presença de heterocistos, que são células especializadas na fixação. Mas, nem todas as cianobactérias contêm heterocistos e, ainda assim, podem fazer a fixação de nitrogênio, como a filamentososa *Trichodesmium* sp. Adicionalmente, em *Trichodesmium* sp., estão presentes vesículas de gás, os aerótopos (Fig. 2.2B), para regular a flutuabilidade e garantir a eficiência fotossintética nas camadas mais superficiais da água. Uma outra célula diferenciada é o acineto, maior em tamanho, de parede espessa e que atua como cisto de resistência, quando necessário.

Por reprodução assexuada, as cianobactérias desenvolvem formas de resistência, como os acinetos já citados, ou mesmo os nanócitos (células filhas pequenas), os baeócitos (células filhas ainda vinculadas às células parentais) e os homocistos (células parentais encistadas na mucilagem). São

esporos ou cistos que formam novos indivíduos, por fissão binária (resulta em duas células filhas) ou fissão múltipla (mais de duas células filhas). A fragmentação é outro tipo de multiplicação assexuada, em que o filamento é rompido por necrídios, que são células envelhecidas. Não existe reprodução sexuada verdadeira, mas uma parassexualidade (transferência do material genético) foi registrada em alguns casos, mesmo ainda não totalmente esclarecida.

### 3.2. Diatomáceas

As diatomáceas estão entre os mais importantes produtores primários, sobretudo em ecossistemas costeiros (Tenenbaum, 2002). São eucariontes, que podem viver de forma unicelular e colonial, formadas por rígida parede celular contendo sílica, denominada frústula. A frústula é formada por duas metades (valvas), em que a porção superior (epivalva) e a inferior (hipovalva) se encaixam de maneira semelhante a uma placa de Petri e o encontro de ambas, forma a cintura ou cíngulo. As valvas são ornamentadas por poros, estrias e perfurações, que são utilizados como critérios taxonômicos para diferenciar as espécies (Fig. 2.2C).

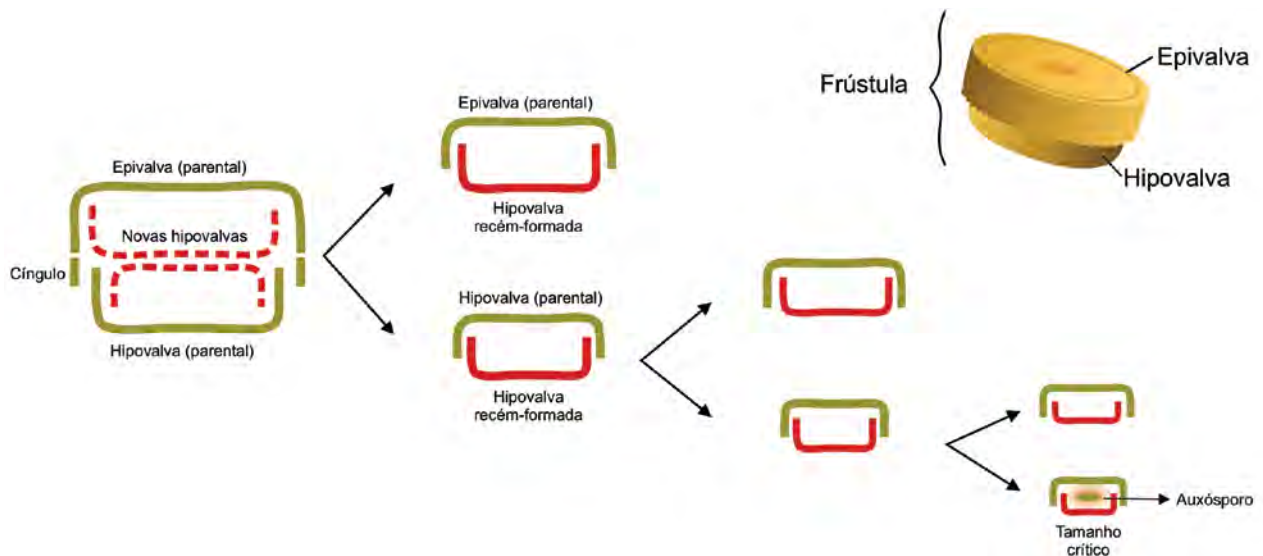
As ornamentações dos poros das valvas podem ser do tipo simétrica radial ou bilateral, o que diferencia os dois principais formatos das diatomáceas: cêntricas e penadas, respectivamente (Fig. 2.2C-D). Outras duas características morfológicas são bem curiosas nas diatomáceas: rafe e gotículas de óleo. A rafe (Fig. 2.2D) é uma fenda longitudinal presente nas diatomáceas penadas que secreta mucilagem para aderência às superfícies, como em rochas. Por sua vez, as gotículas de óleo exercem duas principais funções: reserva energética e auxílio na flutuabilidade. Quando perdem a capacidade de flutuação, o fitoplâncton sedimenta no fundo oceânico. Uma vez que possuem sílica, as diatomáceas sedimentadas compõem depósitos profundos de sílica, os diatomitos.

Como pigmentos fotossintéticos, as diatomáceas contêm clorofila *a*, *c* e xantofilas, que lhes conferem coloração dourada. A crisolaminarina é o polissacarídeo de reserva energética. As diatomáceas se reproduzem assexuadamente, por divisão celular, em que as valvas pré-existentes (parentais) originam uma nova valva menor (Fig. 2.3). Contudo, as divisões sexuais podem ser desencadeadas sob condições ambientais de estresse, para a produção de esporos de resistência, ou mesmo quando a célula atinge o tamanho crítico, após sucessivas divisões celulares. Por fim, o esporo produzido, denominado auxósporo, tem a capacidade de crescer até o tamanho original da célula.

### 3.3. Dinoflagelados

Os dinoflagelados são eucariontes, unicelulares e coloniais. São autotróficos, mas também ocorrem espécies heterotróficas e mixotróficas, estas últimas em grande número de espécies. Assim, além de realizar a fotossíntese, podem se alimentar de matéria orgânica, quando em condições ambientais desfavoráveis. Os dinoflagelados mixotróficos podem ainda conter cleptocloroplastos, que são remanescentes de cloroplastos de outro organismo do fitoplâncton que foram ingeridos, aumentando sua eficiência fotossintética. Muitas espécies heterotróficas de dinoflagelados se alimentam através do pedúnculo, que é uma estrutura tubular projetada externamente e recolhida para o interior após a alimentação. Devido a essa complexidade metabólica, os dinoflagelados podem ser também referenciados como organismos zooplânctônicos.

Sua principal característica morfológica é a presença de dois flagelos (Fig. 2.2E-F), inseridos em dois sulcos: um sulco circula a célula transversalmente e o segundo é perpendicular ao primeiro. Ambos surgem da intersecção dos dois sulcos, denominado poro flagelar. Existem espécies sem flagelos, mas que produzem estágios reprodutivos tipicamente flagelados. No geral, são revestidos por placas rígidas de celulose, ornamentadas em suturas,



**Figura 2.3** Estrutura morfológica de uma diatomácea, com valvas e cíngulo, em que a separação de suas valvas resulta na formação de novas diatomáceas, assexuadamente, até atingir o tamanho crítico e produzir o auxósporo, por reprodução sexuada.

que formam as tecas, sendo a epiteca a porção superior e a hipoteca inferior, como acontece para *Peridinium* sp. (Fig. 2.2E). Porém, ocorrem espécies atecadas, ou seja, ausentes de tecas (nuas), como o *Gymnodinium* sp. (Fig. 2.2F). O cloroplasto contém clorofilas *a* e *c*, carotenóides, xantofilas e peridininina. O amido é o seu produto de reserva.

Os dinoflagelados podem formar florações tóxicas e bioluminescentes. Podem ser parasitas de muitos animais marinhos, como de copépodes e peixes, ou viver em simbiose com os pólipos de corais e, assim, conhecidos por zooxantelas. Os dinoflagelados se reproduzem, primariamente, por divisão celular, podendo acontecer reprodução sexuada para poucas espécies, semelhante ao que acontece com as diatomáceas, com a produção de esporos resistentes.

### 3.4. Haptófitas

Haptófitas são organismos eucariontes do fitoplâncton, unicelulares ou coloniais, dotados de dois flagelos. São assim denominados por apresentarem um haptonema (Fig. 2.2G), que é um apêndice flagelar, localizado entre os outros dois flagelos e tem a função sensorial, para

capturar presas. Assim sendo, são organismos autótrofos, mas também mixotróficos. O cloroplasto é de coloração amarelada, devido à presença de carotenoides que mascaram as clorofilas *a* e *c*, enquanto a substância de reserva é o paramilo. No geral, as células das haptófitas são revestidas de placas de carbonato de cálcio, os cocólitos (Fig. 2.2H), para proteção. Cocólitos nem sempre estão presentes: durante o ciclo de vida, acontece uma alternância morfológica, em que determinadas espécies passam parte do ciclo como células cocóides, não flageladas e revestidas por cocólitos, outra fase é de células imóveis, bentônicas e sem revestimento (nuas), e uma outra é flagelada, revestida por escamas orgânicas. Acredita-se que essas três fases morfológicas sejam uma resposta às condições ambientais. São todas de reprodução assexuada, por divisão celular, mas ainda com o ciclo de vida não esclarecido totalmente. No geral, as haptófitas desempenham papel importante no ciclo do carbono, pois as espécies com cocólitos sedimentam rapidamente e contribuem na formação dos depósitos de carbonato de cálcio no fundo oceânico, os depósitos de cré, que fazem referência ao período Cretáceo, talvez a época de maiores abundâncias de haptófitas.

### 3.5. Uma abordagem funcional do fitoplâncton

Comumente, estudamos o fitoplâncton por reconhecimento das espécies e contagem de suas células, em riqueza e densidade. Entretanto, a abordagem conjunta dos fatores ambientais e biológicos nos proporcionam uma visão geral do ecossistema. Assim, as abordagens que envolvem o papel ecológico do fitoplâncton têm sido cada vez mais utilizadas. Agrupar as espécies em modelos funcionais tem como objetivo simplificar a complexidade ecológica dos ecossistemas, detectar os padrões na distribuição espacial ou sazonal e na dinâmica das populações fitoplanctônicas e associá-los às modificações causadas pela ação antrópica nos ecossistemas (Salmaso et al., 2015).

Sieburth et al. (1978) distribuíram os organismos fitoplanctônicos em diferentes classes de tamanho, como visto anteriormente, o que pode refletir na distribuição das espécies. De maneira geral, observa-se uma predominância de células maiores (microfitoplâncton) em ecossistemas costeiros eutróficos, enquanto as células menores (nanofitoplâncton) dominam em ecossistemas oligotróficos. Isso é explicado pela relação superfície/volume das células, onde as de menor

tamanho são mais eficientes em assimilar nutrientes em baixas concentrações, como os encontrados em ambientes oligotróficos.

Enquanto as classes de tamanho são unidimensionais, o biovolume celular é estimado através da associação das espécies do fitoplâncton com as formas geométricas tridimensionais utilizando a medição direta em microscópio ótico. Este tipo de abordagem facilita a comparação do tamanho das células em diferentes ecossistemas aquáticos, permite determinar a biomassa em carbono para as diferentes espécies ( $\mu\text{gC} \cdot \mu\text{m}^{-3}$ ) e auxilia na construção dos grupos morfo-funcionais (Vadrucci et al., 2007).

A complexidade na medição das formas varia consideravelmente entre as espécies, desde formas mais simples como a da cianobactéria *Planktothrix* sp. (forma de cilindro) e da diatomácea *Biddulphia* sp. (forma de prisma em uma base elíptica), até formas mais complexas como a do dinoflagelado *Ceratium* sp. (forma combinada: elipsóide + 2 cones + cilindro) (Fig. 2.4). Quanto mais complexa for a forma tridimensional, mais difícil é a medição da célula, o que requer atenção e treinamento para realizar as medições.



**Figura 2.4** Formas geométricas tridimensionais utilizadas para o cálculo do biovolume celular do fitoplâncton. **Adaptado** de Vadrucci et al. (2007). **Nota** Imagens do Laboratório de Fitoplâncton (LabFito) – UFPE.

Na figura 2.5 temos um exemplo de aplicação dessa metodologia em áreas estuarinas e oceânicas para o Nordeste do Brasil. Na região estuarina, as espécies *Oscillatoria* sp., *Coscinodiscus* sp. e *Protoperidinium* sp. apresentaram os maiores valores de biovolume celular, enquanto na região oceânica *Pyrocystis noctiluca* Murray ex Haeckel foi destaque.

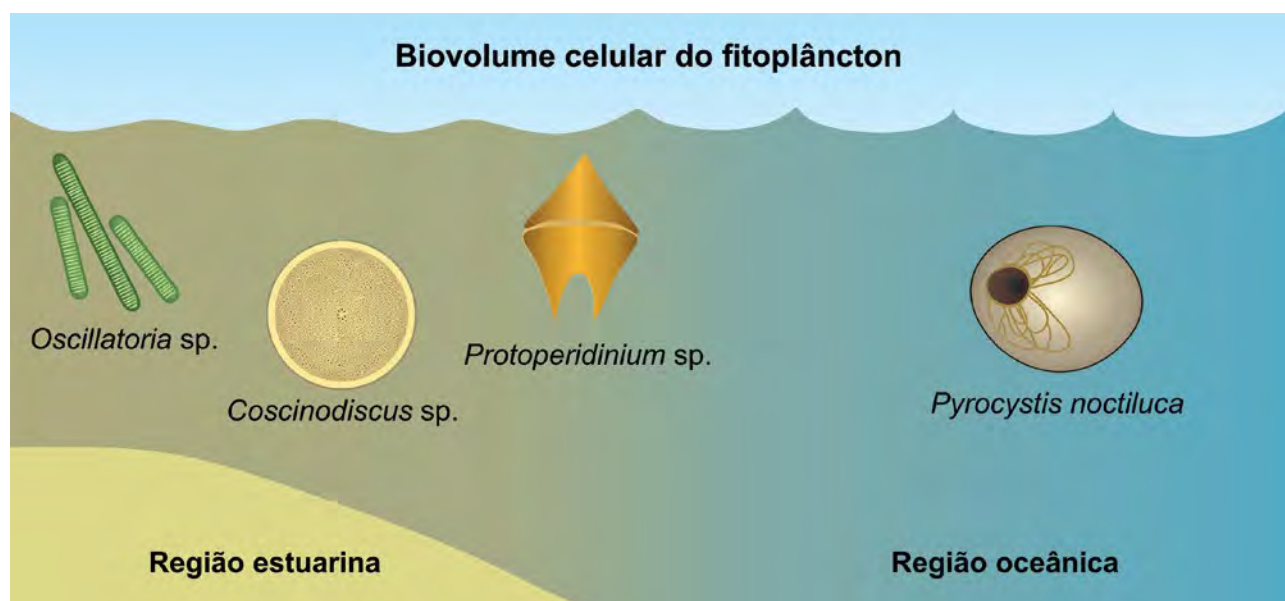
De forma a contribuir com os estudos ecológicos, Reynolds (1980) agrupou as espécies do fitoplâncton no modelo de estratégias de vida (modelo CRS). A distribuição das espécies é subdividida da seguinte forma:

- 1) C-estrategista- composta por espécies pequenas, com crescimento rápido que conseguem viver em altas concentrações de nutrientes e luminosidade, características de ambientes eutróficos e estáveis;
- 2) R-estrategista- formadas por organismos unicelulares e coloniais alongados, filamentosos, com a relação superfície/volume alta, preferem condições de baixa luminosidade e temperatura e são mais competitivas em ambientes mesotróficos; e

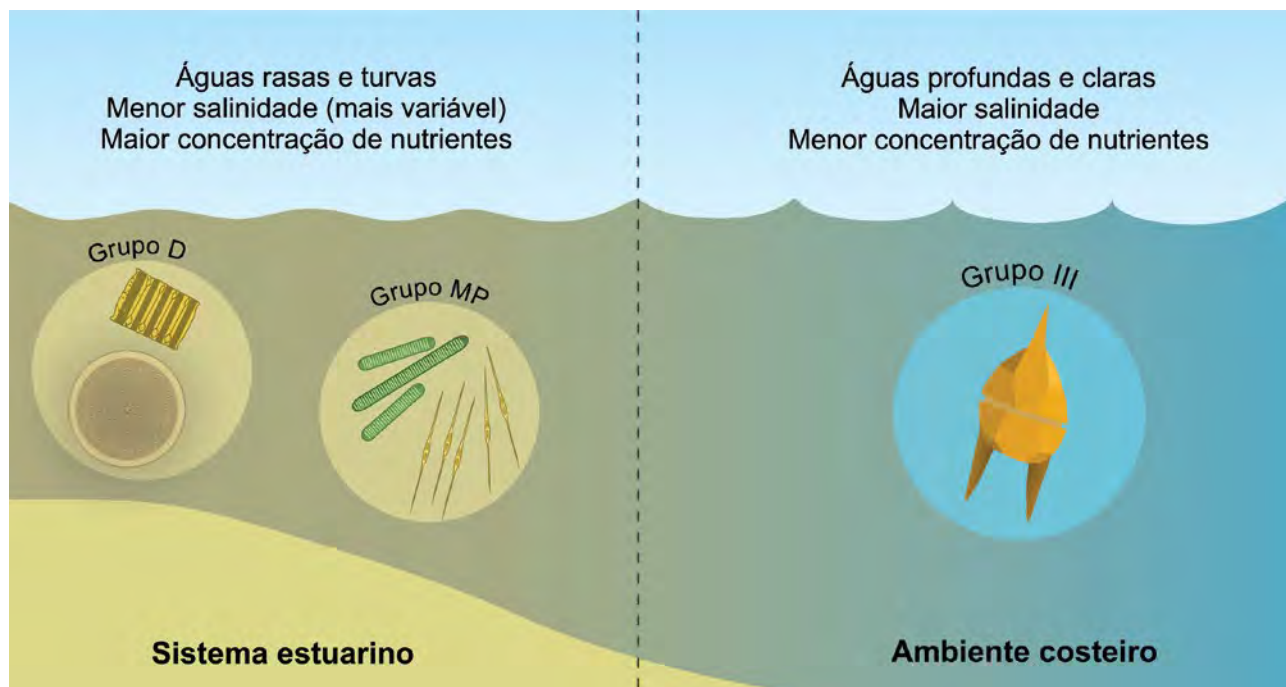
- 3) S-estrategistas- espécies constituídas por organismos maiores, com baixa relação superfície/volume, sendo características de ambientes oligotróficos e estáveis.

A classificação funcional proposta por Reynolds et al. (2002) distribuiu as espécies em agrupamentos baseados em códons alfanuméricos que incluíam organismos de diferentes grupos taxonômicos, mas que apresentavam requisitos ecológicos semelhantes, incluindo também o habitat, a tolerância e a sensibilidade das espécies, totalizando atualmente 41 grupos. Enquanto Smayda e Reynolds (2003) agruparam os dinoflagelados em tipos numéricos associados à variação na turbidez e na distribuição de nutrientes.

Um exemplo da aplicação da classificação dos grupos funcionais por códons, foi desenvolvida no Sistema Estuarino do Recife (Borges, 2016) (Fig. 2.6), onde os grupos D (*Bellerochea malleus* (Brightwell) Van Heurck e *Coscinodiscus centralis* Ehrenberg) e MP (*Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & J. C. Lewin e *Oscillatoria princeps* Vaucher ex Gomont) ocorrem em águas rasas, enriquecidas e turvas, enquanto o grupo III (*Ceratium furca*



**Figura 2.5** Espécies mais representativas em biovolume celular nas regiões estuarina e oceânica no Nordeste do Brasil, baseado em Borges et al. (2020) e Queiroz et al. (2014).



**Figura 2.6** Grupos funcionais dominantes no Sistema Estuarino do Recife (Pernambuco) e região costeira adjacente, baseado em Borges (2016).

(Ehrenberg) Claparède & Lachmann) ocorre em águas costeiras estratificadas. As espécies dos três grupos toleram variações ambientais na salinidade e na disponibilidade de nutrientes.

Apesar desta metodologia ser utilizada primordialmente em água doce, a partir de Reynolds et al. (2002), diversas outras classificações foram construídas e desenvolvidas em diferentes ecossistemas aquáticos. Isso foi possível porque as espécies estuarinas e marinhas utilizam as mesmas estratégias adaptativas para sobreviver aos predadores e competição, bem como às mudanças ambientais (Smayda & Reynolds, 2003).

#### 4. BIOMASSA, PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE: EXISTE MESMO DIFERENÇA?

A biomassa fitoplanctônica é definida como sendo a totalidade da matéria orgânica dos organismos em determinada área ou volume d'água, quantificada através do pigmento fotossintetizante comum a todos os organismos do fitoplâncton, a clorofila *a*. A produção primária é o resultado da fotossíntese, processo no qual o fitoplâncton transforma a energia luminosa (baixo teor energético) em moléculas orgânicas de alta energia (carboidratos). A energia que fica disponível no ecossistema a partir desse processo é determinada pela taxa de produção primária. Por sua vez, a produtividade primária é a medida dessa produção durante um intervalo de tempo em uma determinada área ou volume de água (Fig. 2.7).



Globalmente, os oceanos apresentam cerca de 35 a 50 bilhões de toneladas métricas de carbono assimilado em carboidratos, por ano (Garrison, 2010). A produção primária bruta é definida como sendo a energia total assimilada através da fotossíntese. Parte dessa energia é utilizada para o metabolismo do próprio fitoplâncton e, portanto, apenas uma parte está disponível na teia trófica. A energia disponível para os consumidores é chamada de produção primária líquida.

A combinação das estimativas da biomassa, da produção primária e da quantidade de nutrientes na água, possibilita o diagnóstico dos ecossistemas, quanto ao seu grau de eutrofização. De acordo com Vollenweider et al. (1974) o grau de eutrofização pode ser avaliado a partir da taxa de assimilação

do fitoplâncton (produtividade/biomassa;  $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1} / \text{mg Chl-}a \text{ m}^{-3}$ ) e os corpos hídricos podem ser classificados como:

**Oligotrófico** – pouca produtividade (até 3)

**Mesotrófico** – produtividade média (de 3 a 5)

**Eutrófico** – alta produtividade (maior que 5)

No Nordeste do Brasil, os trabalhos sobre a produtividade fitoplanctônica tiveram início no final da década de 1970, em estuários de Pernambuco (Passavante, 1979). Desde então, as zonas estuarinas do Nordeste têm se demonstrado com águas de mesotróficas a eutróficas, especialmente eutrófica para aquelas áreas densamente urbanizadas, a exemplo do observado por Otsuka et al. (2018) no porto do Recife-PE. Demais registros

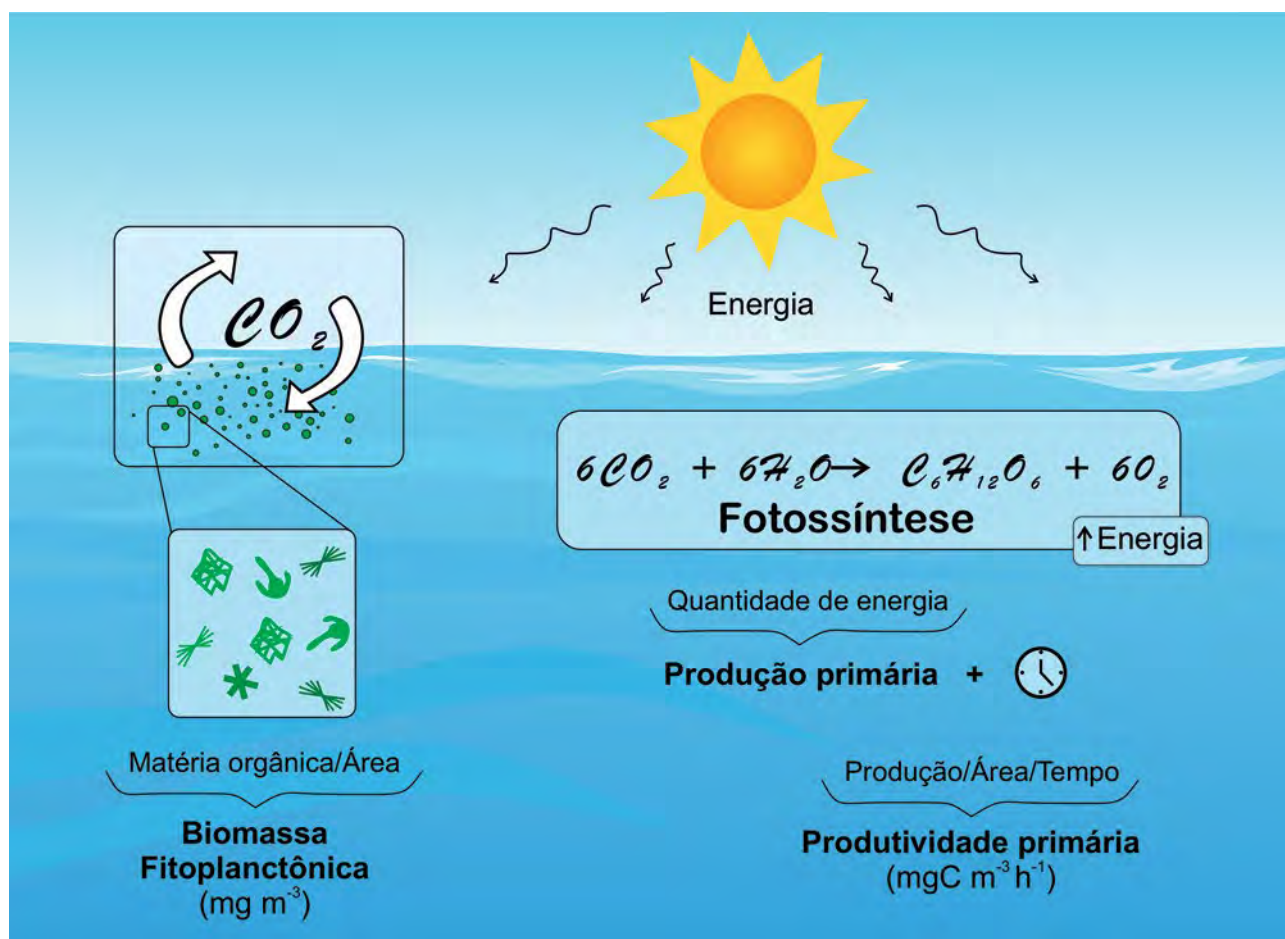


Figura 2.7 Representação da biomassa, produtividade e produção primária fitoplanctônica.

indicam as praias e a plataforma continental como oligotróficos durante todo o ano, mesma condição observada para as regiões insulares nordestinas, como o Atol das Rocas (Jales et al., 2015).

De maneira geral, em regiões costeiras, a produção do fitoplâncton é mais elevada pois esses organismos se desenvolvem em função do aporte dos nutrientes continentais dos rios para o mar. Contudo, afastando-se da costa, o aporte de nutrientes e o desenvolvimento do fitoplâncton diminuem, tornando a região oceânica oligotrófica. Nessas regiões, o suprimento vem das águas subsuperficiais, que representam um reservatório de nutrientes para a zona fótica. À medida que a profundidade aumenta, há uma diminuição da luz disponível e, conseqüentemente, também da quantidade de fitoplâncton. Nas áreas oceânicas, a fonte de nutrientes se dá principalmente a partir da regeneração dos mesmos, através dos ciclos biogeoquímicos, porém, a depender da região, atuam processos físicos que transportam os nutrientes verticalmente, de camadas mais profundas para a zona superficial. Do ponto de vista do suprimento de nutrientes, os processos físicos mais importantes são a turbulência na camada superficial e os processos de ressurgência.

A produção primária e as concentrações de clorofila *a* estão frequentemente influenciadas pelos efeitos sinérgicos entre os fatores meteorológicos, físicos, químicos e biológicos que limitam ou estimulam a atividade dos organismos planctônicos fotossintetizantes (Andersen et al., 2006; Smith, 2007). Mudanças ambientais que provocam alterações em parâmetros como luz, temperatura, salinidade, pH e disponibilidade de nutrientes impactam diretamente a biomassa, densidade, estrutura da comunidade e produtividade primária (Koenig & Eskinazi-Leça, 1991).

## 5. IMPACTOS AMBIENTAIS

### 5.1. Eutrofização e Florações de Algas Nocivas (FANs)

Águas costeiras densamente povoadas apresentam uma intensa entrada de nutrientes, devido à atividade antrópica: esgotos domésticos, industriais e agropecuários que são lançados no litoral. Com o aumento de nutrientes, ocorre a eutrofização das águas, que é caracterizada pelo crescimento pronunciado de determinadas espécies do fitoplâncton, ocasionando florações ou *blooms*. As florações podem ainda ocorrer naturalmente, em regiões subtropicais e temperadas entre a primavera e o verão, ou em regiões de ressurgência, como vimos anteriormente, sendo uma parte crucial do ciclo anual da produtividade fitoplanctônica, não necessariamente associadas a atividades antrópicas.

As florações provenientes de eventos de eutrofização causam uma série de conseqüências no ambiente, como por exemplo, a diminuição na biodiversidade. Isso ocorre tanto pela exclusão competitiva pelas espécies dominantes, como também devido à elevada biomassa, que causa aumento de turbidez na água e limita a entrada de luz, dificultando o crescimento de outras espécies fitoplanctônicas. Adicionalmente, quando uma grande quantidade do fitoplâncton morre, resulta em uma alta atividade bacteriana para a decomposição, o que consome e diminui rapidamente o oxigênio na água, criando zonas de hipóxia e até apóxias, quando em casos mais graves. Essas zonas podem causar uma grande mortalidade de organismos marinhos, tanto do plâncton, como do nécton e bentos, sendo visível o grande volume de peixes mortos na superfície da água em eventos mais drásticos.

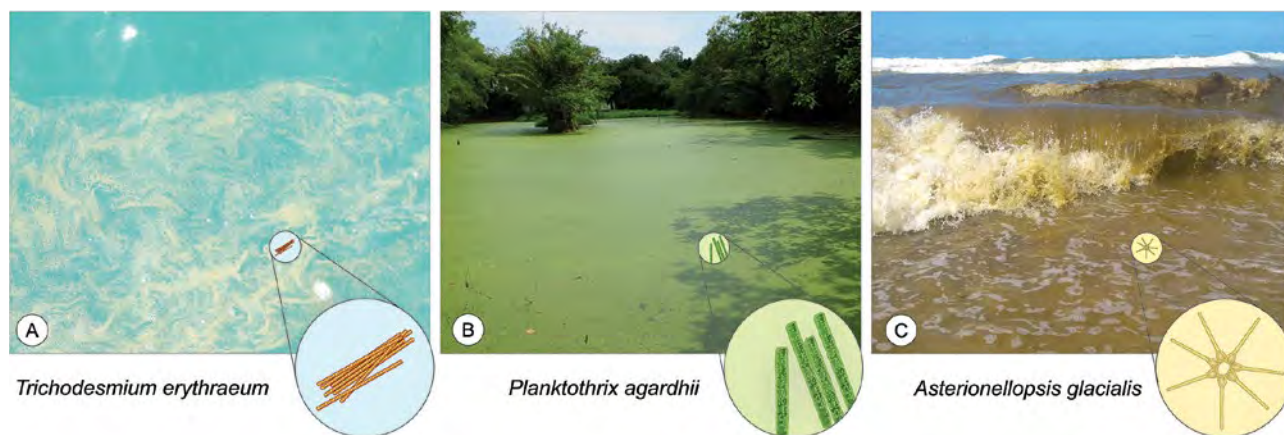
As florações são popularmente conhecidas como marés vermelhas, devido à mudança da coloração da água pela grande densidade de fitoplâncton. Entretanto, existem marés vermelhas em que a água pode apresentar um tom esverdeado, amarelado ou mesmo sem coloração visível, apenas um aumento

de turbidez (Fig. 2.8). Sendo assim, recentemente tem-se utilizado o termo Florações de Algas Nocivas (FANs) do inglês *Harmful algal blooms* – HABS (Hallegraeff et al., 2004) para se referir a esses eventos de maneira mais abrangente. Cerca de 300 espécies marinhas, em sua maioria dinoflagelados, diatomáceas e cianobactérias, podem formar as FANs. Dessas, cerca de 80 espécies são capazes de produzir toxinas, nocivas à saúde de animais e de humanos. A dominância de espécies tóxicas tem sido muitas vezes aplicada como bioindicador para o monitoramento de águas poluídas por esgotos. Quando em altas concentrações, são emitidos alertas e há a interdição do ambiente, limitando o acesso à recreação, pesca, venda e consumo de peixes, crustáceos e moluscos possivelmente contaminados pelas toxinas. Nesses casos fica claro o prejuízo da eutrofização e FANs para a indústria de cultivo, comércio e turismo.

Dentre as toxinas que podem ser liberadas em grande quantidade durante as marés vermelhas, estão as neurotoxinas como as brevetoxinas e saxitoxinas, que se acumulam ao longo da teia trófica e podem afetar a saúde humana, quando ingeridas a partir do consumo de organismos contaminados. Existem diversas síndromes associadas ao envenenamento por essas toxinas, sendo a principal delas a intoxicação por ingestão

de bivalve, que podem ser paralíticas, amnésicas e diarreicas. As FANs podem ainda provocar efeitos respiratórios pela inalação de aerossóis dispersados pelo mar contendo toxinas que se acumulam no pulmão e causam inflamações.

No Nordeste do Brasil, as FANs são observadas há muito tempo na plataforma continental, sendo causadas principalmente por cianobactérias da espécie *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg ex Gomont (Fig. 2.8A) e dinoflagelados do gênero *Alexandrium*, que resultam em águas esverdeadas, amareladas ou próximas ao vermelho. Além dessas, observamos em muitos reservatórios, rios e estuários urbanos de Pernambuco as altas densidades de *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing e *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis e Komárek duas cianobactérias potencialmente tóxicas que coloreem a água de verde (Fig. 2.8B). Ainda em águas costeiras de Pernambuco, as florações da diatomácea do gênero *Chaetoceros* também são comuns, e apesar de não produzirem grandes concentrações de toxinas, seus espinhos se aderem às guelras de peixes, causando inflamação respiratória e morte. Nas praias do Ceará, são comuns as florações da diatomácea *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round, que deixam as ondas amareladas (Fig. 2.8C), muitas vezes confundido com óleo na água.



**Figura 2.8 A)** Florações das cianobactérias *Trichodesmium erythraeum* em área oceânica **B)** *Planktothrix agardhii* em rio e **C)** diatomácea *Asterionellopsis glacialis* em praia. **Nota** Imagens do Laboratório de Fitoplâncton (LabFito) – UFPE.

Outros registros históricos de FANs, referem-se à ‘febre do tinguí’ ou ‘febre de Tamandaré’, com seus relatos anteriores ao registro oficial, em 1943: moradores da cidade de Tamandaré, em Pernambuco, por anos sentiram sintomas de febre, erupções na pele, dificuldade respiratória, dores articulares e no globo ocular. Tais sintomas foram associados ao verão (fevereiro até março), quando era observada a formação de uma “nata” no mar na baía de Tamandaré, a qual se depositava sobre os recifes e liberavam um aerossol e através da inalação, afetava a população litorânea. Esses eventos eram marés vermelhas formadas pela cianobactéria *Trichodesmium erythraeum*. Um outro caso mais grave de FAN que merece destaque, apesar de ter ocorrido em águas continentais, na cidade de Caruaru, em Pernambuco, em 1996. Cianobactérias produtoras de hepatotoxinas estavam presentes na água que foi utilizada no tratamento de hemodiálise, causando grave intoxicação hepática e resultando na morte de 65 pessoas.

Globalmente se tem percebido um aumento na frequência das FANs. As mudanças globais na temperatura da água e intensidade do vento causam o aumento desses eventos e o transporte dessas florações para regiões onde antes não ocorriam. Além disso, vemos um aumento da eutrofização de ambientes costeiros, com a crescente entrada de esgotos domésticos e industriais. Cerca de 2.000 casos de infecção por consumo de peixes e frutos do mar contaminados acontecem anualmente em todo o globo. Diante do grande impacto a saúde pública e economia que esses eventos causam, é necessário aos órgãos de gestão realizar o monitoramento das águas costeiras para evitar tragédias como vistas anteriormente, além da necessidade de redução do despejo de poluentes no litoral, sendo este o método mais eficiente de remediação da eutrofização local como também uma forma adequada de se evitar a formação de FANs.

## 5.2. Efeitos das mudanças climáticas

As mudanças climáticas induzidas pela atividade humana se diferem dos efeitos observados no clima da Terra provocados pelos ciclos naturais no tempo geológicos. O principal responsável pelas mudanças climáticas em andamento é o lançamento do CO<sub>2</sub> na atmosfera, que absorve a radiação infravermelha e conseqüentemente provoca o aquecimento global. O acúmulo deste gás na atmosfera é atualmente o maior desde os últimos 300 milhões de anos, entretanto, sua taxa de crescimento na atmosfera é menor do que a taxa de emissão pois parte do CO<sub>2</sub> é absorvida pela biosfera terrestre e pelo oceano. O oceano tem um importante papel neste processo, visto que desde o começo da Revolução Industrial, tem absorvido cerca de 50% do CO<sub>2</sub> emitido pela humanidade.

O aquecimento da superfície do oceano tem uma influência importante na fisiologia do fitoplâncton e no ambiente marinho. Em geral, temperaturas elevadas resultam em taxas fisiológicas maiores no fitoplâncton, tais como as taxas de crescimento, de fotossíntese e de respiração. Adicionalmente, altas temperaturas da superfície do oceano resultam numa estratificação mais forte entre o oceano superior e o profundo. Isso provoca uma diminuição no fornecimento dos nutrientes do oceano profundo e um aumento da radiação solar recebido pelas microalgas na superfície. Diante disso, parece possível afirmar que no futuro a disponibilidade de nutrientes no oceano poderia ser um fator dominante que limitaria o crescimento e a produção primária do fitoplâncton.

Na escala regional, o aquecimento das águas superficiais pode interferir no funcionamento e na composição fitoplanctônica nos ecossistemas costeiros, tais como lagunas, baías, praias e estuários. Águas costeiras são comumente ricas em nutrientes, o que beneficia a permanência das diatomáceas durante todo o ano, em especial no litoral do Nordeste brasileiro, em que as diatomáceas compõem mais da metade da comunidade fitoplanctônica. Porém, o aumento da temperatura

das águas costeiras tem demonstrado alterações na comunidade fitoplanctônica nas últimas décadas: a dominância de diatomáceas tem sido substituída por cianobactérias, com o aparecimento de espécies nocivas ou tóxicas.

A absorção do dióxido de carbono antropogênico pela superfície do oceano altera rapidamente o sistema carbonato da água do mar, um processo conhecido como acidificação oceânica. A principal alteração é o aumento de gás  $\text{CO}_2$  que resulta em um novo equilíbrio das três principais formas de carbono, causando um aumento da concentração total de  $\text{CO}_2$  e de  $\text{HCO}_3^-$ . Esse processo também é conhecido como a carbonatação oceânica. O novo equilíbrio químico e a diminuição de  $\text{CO}_3^{2-}$  resultam em mais íons de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) liberados e em uma redução de pH, conhecido como a acidificação oceânica. Essa mudança no sistema carbonato dificulta a biomineralização de carbonato de cálcio pelos organismos calcificantes, tais como os cocolitoforídeos ou ainda organismos do zooplâncton, como os foraminíferos (Müller et al., 2015).

Em resumo, a resposta do fitoplâncton às mudanças climáticas previstas para o futuro será influenciada pela tolerância fisiológica, pelas normas de reação específicas das espécies, pelo potencial de adaptação e evolução, pelas diferenças regionais na amplitude de mudanças climáticas e pelas interações biológicas dentro da comunidade planctônica. Os resultados recentes dos estudos de campo, por exemplo, indicam que a composição da comunidade planctônica é um fator importante para o desenvolvimento de uma floração de fitoplâncton e para a sua resposta às simulações de acidificação oceânica (Riebesell et al., 2017). É provável que no futuro alguns grupos do fitoplâncton se aproveitem das mudanças climáticas e outros fiquem em desvantagem competitiva para sobreviver e se dispersar, tais como os cocolitoforídeos. Os eventos geológicos no passado já indicam a dificuldade para a sobrevivência de organismos calcificantes num evento de acidificação, como, por exemplo, no PETM (*Paleo-Eocene-Thermal-Maximum*) onde foram

extintos vários organismos calcificantes. Porém, é importante salientar que a taxa atual da acidificação oceânica é a mais rápida dos últimos 300 milhões de anos e não pode ser comparada a nenhum evento do passado geológico.

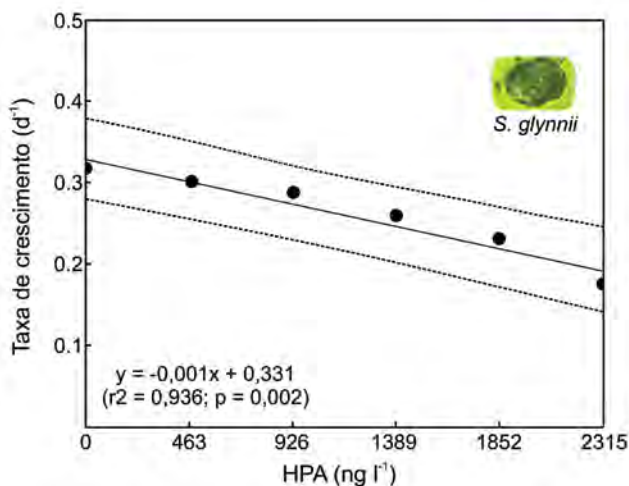
### 5.3. Impactos do petróleo

Os eventos de derramamento de petróleo são a fonte pontual mais significativa de óleo cru para o oceano em escalas de tempo curtas e com impactos desastrosos para os ecossistemas afetados. A costa do Nordeste brasileiro foi afetada por um derramamento entre agosto de 2019 e janeiro de 2020. O petróleo se deslocou abaixo da superfície da água do mar do oceano aberto e aproximadamente 5.000 toneladas de resíduos chegaram ao litoral, afetando ecossistemas costeiros, tais como praias e manguezais. É provável que uma parte substancial do petróleo não tenha atingido a costa por ter sido retida por estruturas submersas próximas à superfície, como os recifes de corais (Lourenço et al., 2020).

O óleo cru emerso na água do mar libera continuamente compostos altamente tóxicos, dos quais os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) estão entre os contaminantes mais abundantes. Os HPAs são compostos orgânicos de base de carbono com dois ou mais anéis aromáticos condensados. Devido à sua alta toxicidade, os HPAs podem causar efeitos adversos e mortalidade de organismos aquáticos, e podem se acumular na cadeia alimentar com consequências para a saúde dos consumidores de recursos aquáticos contaminados. Após os eventos de derramamento de petróleo, grande parte da avaliação dos ecossistemas afetados concentra-se em mamíferos marinhos, pássaros e outra macrofauna localmente importante devido aos impactos visíveis, como organismos mortos cobertos de petróleo. Porém, o fitoplâncton, que representa a base da cadeia alimentar marinha e desempenha um papel chave no ecossistema marinho, é relativamente pouco estudado no contexto da poluição por petróleo.

Os dinoflagelados fotossintetizantes do gênero *Symbiodinium* podem ser encontrados em associação simbiótica com invertebrados marinhos e protistas. A relação de *Symbiodinium* com corais escleractínios desempenha um papel fundamental na transferência de energia e metabolismo dos recifes de corais tropicais. A partir de experimentos em laboratório, é possível observar que altas concentrações de HPA, como as encontradas após um evento de derramamento, podem afetar a fisiologia e o crescimento de *Symbiodinium* (Fig. 2.9) com consequências desconhecidas para a relação mutualística entre hospedeiro (coral) e simbiote (*Symbiodinium*).

A remediação da contaminação marinha por petróleo é extremamente difícil e na maioria das vezes envolve processos químicos de absorção ou a remoção física de manchas. Porém, frações maiores do petróleo evaporam, se dissolvem, formam dispersões de óleo em água, sedimentam e/ou são biodegradadas antes da remoção pela intervenção humana, muitas vezes executada de maneira voluntária pelas populações locais. A decisão e atuação rápida sobre as intervenções de mitigação é um passo crucial para evitar consequências duradouras dos derramamentos nos ecossistemas marinhos.



**Figura 2.9** Taxa de crescimento de *Symbiodinium glynnii* D. C. Wham e La Jeunesse em resposta a um gradiente de concentração de HPA na água do mar.

## 6. ESTUDANDO O FITOPLÂNCTON

O estudo desse importante componente pode ser realizado sob diferentes perspectivas. Abordagens qualitativas e/ou quantitativas podem ser utilizadas para levantamentos de espécies, no entendimento de processos ecológicos e oceanográficos, ou mesmo como indicadores da qualidade dos ecossistemas. Por sua elevada diversidade de formas e tamanhos, nenhum equipamento consegue amostrar toda a comunidade, dessa forma, é necessário escolher o método de amostragem que será utilizado de acordo com o grupo de organismos alvo para o estudo (Fig. 2.1).

A utilização de redes de plâncton em estudos do fitoplâncton, a partir de arrastos verticais ou horizontais, geralmente é empregada para amostragens qualitativas, uma vez que não permitem uma quantificação precisa, subestimando, assim, a comunidade de maneira considerável. Isso ocorre devido a necessidade de utilizarmos redes com uma abertura de malha muito reduzida (entre 20  $\mu\text{m}$  e 45  $\mu\text{m}$ ) o que facilita o entupimento e com isso temos uma perda de eficiência de filtração. Além disso, o fitoplâncton de menor tamanho (pico e nanofitoplâncton) também não é capturado. De acordo com Sournia (1978), apesar dessas desvantagens, o uso de redes de plâncton é de suma importância em estudos morfológicos e taxonômicos, uma vez que permite a captura de uma grande quantidade de certos tipos de organismos que são raros ou pouco frequentes em outros tipos de amostragem.

A coleta realizada com garrafas oceanográficas (tipo Niskin e Nansen, entre outras) permite uma amostragem quantitativa, uma vez que um volume de água conhecido é coletado de maneira precisa. Além disso as garrafas são de fácil manuseio, permitem coletas pontuais, em diferentes profundidades e com coleta simultânea de amostras para análise de parâmetros físico-químicos da água.

Destaca-se que quando da necessidade de estudar o fitoplâncton de maior tamanho, que normalmente apresenta menores abundâncias, há a necessidade do uso de garrafas de maiores volumes.

Após a coleta, independentemente do método utilizado, é necessário que a amostra seja preservada de maneira adequada, evitando a deterioração do material até sua análise em laboratório. A depender do tipo de análise que será realizada, a amostra poderá ser fixada através do uso de alguma substância química, congelada/refrigerada ou ainda ser mantida *in natura*.

Para amostras que serão analisadas quanto a abundância, composição e diversidade, o formol (4%), lugol (2%) ou a solução Transeau são os fixadores comumente utilizados. Não há uma solução ideal para o estudo do fitoplâncton, pois as soluções comumente utilizadas vão interagir com a amostra e de alguma forma podem alterar a aparência das células. Na tabela 2.1 encontram-se descritas as vantagens e desvantagens de cada fixador. Observa-se que a escolha da solução a ser utilizada para fixação e preservação da amostra fitoplanctônica será dependente do tipo do grupo do fitoplâncton a ser estudado, bem como do objetivo da pesquisa e da disponibilidade orçamentária.

**Tabela 2.1** Descrição das vantagens e desvantagens dos principais fixadores utilizados em amostras de fitoplâncton.

TIPO	VANTAGENS	DESvantagens
LUGOL (2%)	Preservação de flagelos e aumento do peso específico das células, facilitando a sedimentação.	Dissolve frústulas de diatomáceas mais delicadas e escamas de silicoflagelados. Não é possível utilizar a epifluorescência.
FORMOL (4%)	Pode ser estocado por vários anos sem que haja alteração da coloração das algas.	Distorce a forma da célula de flagelados nus, provoca perda de flagelos e apresenta toxicidade à saúde humana.
TRANSEAU	Mantém características das células como flagelos e plastos.	Necessidade de utilizar um grande volume, implicando em alto custo e problema de armazenamento das amostras.

Fonte CETESB (2005).

Para a identificação de determinados grupos de cianobactérias e flagelados, é necessária a observação do material antes da preservação, para verificação de movimento e de estruturas visíveis apenas nos organismos vivos. Havendo essa necessidade, a amostra deve ser transportada do local de coleta ao laboratório em ambiente resfriado.

Em laboratório a identificação e contagem de amostras de fitoplâncton podem ser realizadas a partir de diferentes equipamentos, como microscópio óptico comum e invertido, ou ainda através de contadores automáticos e semiautomáticos de partículas (*Coulter Counter*, *Flow Cam*, citômetro de fluxo, entre outros). Esses contadores, apesar de permitirem uma maior velocidade de análise, geram resultados com um

menor refinamento taxonômico uma vez que pequenas estruturas não podem ser observadas.

Antes da contagem dos organismos presentes na amostra, um inventário geral dos taxa deve ser compilado através de rastreios visuais com diversas ampliações. Com este procedimento é obtida uma panorâmica da composição da comunidade fitoplanctônica, fator que pode determinar a estratégia de quantificação a ser adotada.

Os organismos devem ser identificados até o nível taxonômico previamente estabelecido, a partir de descrições morfológicas e sua biogeografia. Os taxa encontrados que suscitem dúvidas de identificação ou cuja ocorrência não seja comum na região/massa de água, podem ser enviados a especialistas.

A descrição morfológica disponível na literatura pode ser confirmada com a medição dos indivíduos, a partir do uso de ocular e lâmina micrometrada, bem como por uso de contraste de fase, epifluorescência e corantes (iodo e nanquim). Uma vez reconhecidos os taxa, as células, colônias ou filamentos independentes podem ser considerados como unidades de contagem dos indivíduos. O retículo de Whipple auxilia a contagem, além de câmara de Sedgewick-Rafter, câmara de Utermöhl (em microscópio invertido), ou até mesmo lâmina e lamínula. A estratégia e área de contagem a considerar depende especialmente da composição e densidade dos organismos fitoplanctônicos na amostra.

Para a análise de pigmentos, após a coleta as amostras são filtradas em membranas de porosidade muito pequena (normalmente 0,45  $\mu\text{m}$ ) e mantidas refrigeradas até a análise. A análise de pigmentos pode ser utilizada como indicadora da biomassa fitoplanctônica, a partir da clorofila *a* (Chl-*a*), uma vez que é o pigmento encontrado em todos os grupos de algas e cianobactérias, ou ainda para a quimiotaxonomia, que é a identificação realizada a partir dos compostos químicos presentes na célula, sendo normalmente utilizado os pigmentos acessórios.

A determinação da biomassa é feita a extração dos pigmentos da membrana a partir de um solvente e a quantidade de Chl-*a* é quantificada através de diferentes métodos, tais como espectrofotometria, fluorimetria ou cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE, traduzido do inglês *High performance liquid chromatography*, HPLC).

Na quimiotaxonomia, a partir de pigmentos acessórios específicos de divisões, classes e/ou gêneros é possível realizar a identificação da presença e a biomassa específica dos diferentes grupos a partir da concentração dos diferentes pigmentos em uma amostra d'água. Podemos identificar, por exemplo, os dinoflagelados a partir da piridina, cianobactérias pela zeaxantina ou ainda alcançar níveis de gênero, como por exemplo as pequenas cianobactérias do gênero

*Prochlorococcus* que apresentam um pigmento único, a divinil clorofila *a*, permitindo sua fácil identificação (Tab. 2.2).

Nas últimas décadas o HPLC tem sido utilizado como uma técnica confiável para obter ambas as estimativas de biomassa total (Chl-*a*) como também identificação dos diferentes grupos taxonômicos. Essa técnica consiste em passar uma amostra através de um cromatógrafo por fase líquida, e a partir da absorção dos diferentes comprimentos de ondas é possível quantificar as concentrações dos diferentes pigmentos presentes e posteriormente, com auxílio de um Software, realizar a quantificação dos diferentes grupos taxonômicos presentes naquela amostra, bem como a sua contribuição para a biomassa total (Fig. 2.10).

Para a quantificação da produção primária, uma série de métodos pode ser empregado, entretanto, os mais comuns são aqueles relacionados à taxa de fotossíntese, a qual pode ser determinada a partir do carbono fixado ou do oxigênio produzido durante o processo. Esses métodos envolvem abordagens experimentais, sendo realizadas incubações de amostras da comunidade durante um tempo pré-determinado.

Uma outra importante ferramenta para estudar o fitoplâncton, sua fisiologia e ecologia, é o cultivo de organismos em laboratório. Essa ferramenta tem como vantagem o controle dos parâmetros ambientais, possibilitando uma simplificação do ambiente natural, permitindo assim avaliar cada parâmetro de maneira isolada. Nesses estudos a abordagem experimental utilizada pode simular cenários ecológicos possíveis ou condições extremas, fora da relevância ecológica, sendo essa última utilizada para descobrir mecanismos e processos fisiológicos essenciais dos organismos fitoplanctônicos.

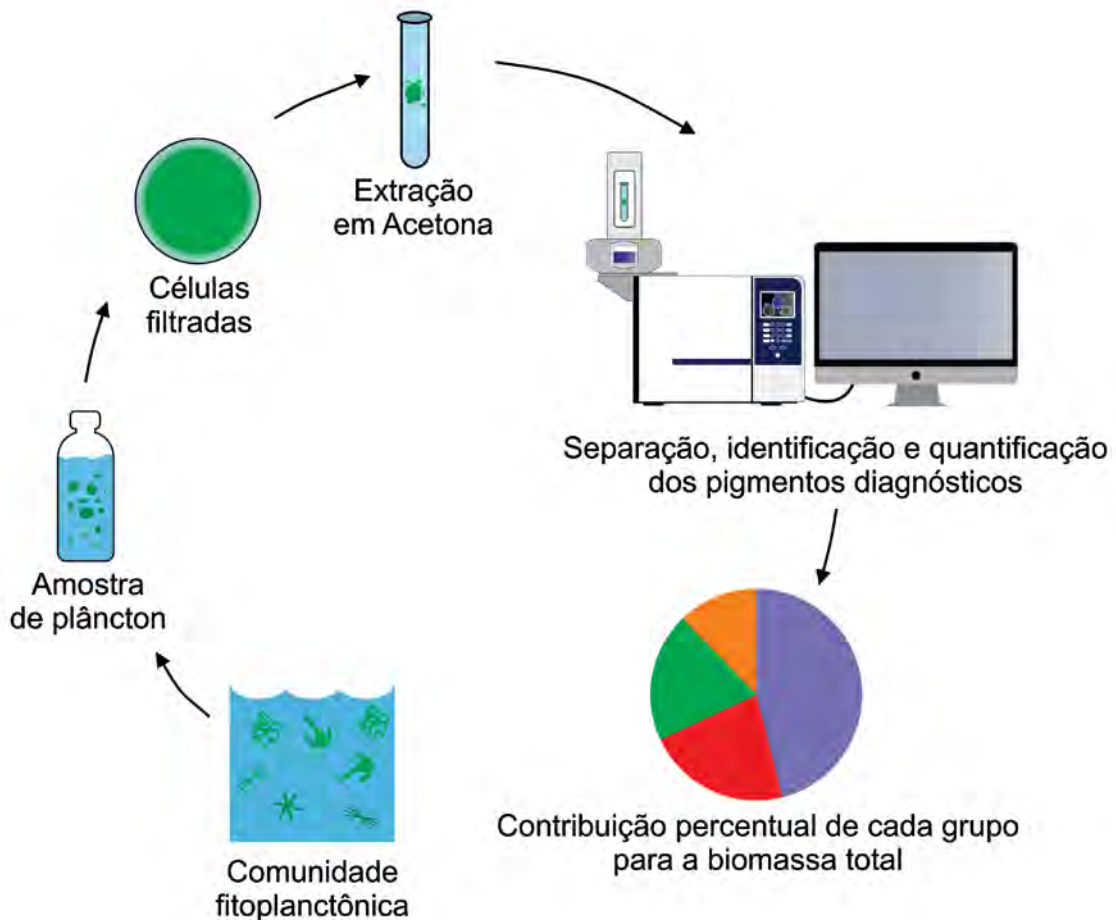
Os estudos que simulam possíveis cenários ecológicos ou climatológicos, como, por exemplo, eutrofização ou mudanças climáticas, são



importantes para avaliar a resposta do fitoplâncton diante de efeitos antropogênicos previstos no ambiente aquático e podem ser focados numa comunidade ou numa espécie modelo. As espécies utilizadas precisam apresentar importância ecológica, serem fáceis de serem cultivadas e preferencialmente já terem sido estudadas no passado. Uma desvantagem é que apenas espécies cultiváveis, ou seja, que crescem sob condições de laboratório, sejam investigadas. Conseqüentemente, a diversidade genética e a plasticidade são bem menores em cultivos monoespecíficos do que no ambiente natural.

**Tabela 2.2** Grupos taxonômicos de microalgas e os principais pigmentos fotossintetizantes e acessórios que podem ser utilizados para identificação.

Pigmento	Grupo
Clorofila <i>a</i> + Divinil Clorofila <i>a</i>	<i>proxy</i> da biomassa total
Clorofila <i>b</i> + Neoxantina + Violaxantina	Chlorophyceae
Zeaxantina	Cyanophyceae
Divinil Clorofila <i>b</i>	<i>Prochlorococcus</i>
Diadinoxantina + Peridina	Dinophyceae
Diadinoxantina + Fucoxantina	Bacillariophyceae
Aloxantina	Cryptophyceae
19'Hex	Prymnesiophyceae
19'But	Dictyochophyceae



**Figura 2.10** Descrição geral do processo de análise de amostra por quimiotaxonomia através de cromatografia líquida de alta eficiência.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fitoplâncton exerce um papel ecológico fundamental nos ecossistemas aquáticos por seu papel como produtor primário, modulando e influenciando os ciclos biogeoquímicos e o fluxo da energia. Estudos sobre a biodiversidade, biomassa e produção desses organismos, bem como suas variações espaciais e temporais em diferentes escalas, são essenciais para a compreensão do funcionamento desses ambientes. Além disso, o fitoplâncton demonstra ser uma excelente ferramenta para o monitoramento ambiental, sendo utilizado como indicador biológico da qualidade das águas, dos efeitos das mudanças climáticas, da poluição marinha, toxicidade, crescimento excessivo de espécies, acidificação oceânica e outros impactos ambientais. Nesse contexto, é possível aprimorar as medidas de manejo dos ecossistemas, sendo uma ferramenta aliada na gestão e manutenção dos recursos naturais e serviços ecossistêmicos dos ambientes costeiros e marinhos.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, J. H.; SCHLÜTER, L.; AERTEBJERG, G. **Coastal eutrophication: Recent developments in definitions and implications for monitoring strategies**. *Journal of Plankton Research*, v. 28, n. 7, p. 621-628, 2006.
- BORGES, G. C. P. **Descritores da qualidade ambiental do sistema estuarino do Recife (PE): O papel do fitoplâncton**. 123 p. Tese (Doutorado em Oceanografia)- Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- BORGES, G. C. P.; AQUINO, E.P.; ESKINAZI-LEÇA, E.; SANTOS-JUNIOR, A. C.; SANTIAGO, M. F.; FERREIRA, L. C.; NORIEGA, C.; ARAUJO, M.; GREGO, C. K. A.; SILVA-CUNHA, M. G. G. **Cell biovolume and carbon biomass of phytoplankton in degraded tropical estuaries in Northeastern Brazil**. *Regional Studies in Marine Science*, v. 40, p. 101522, 2020.
- CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Norma Técnica L5.303: **Fitoplâncton de água doce - Métodos qualitativo e quantitativo (Método de Ensaio)**. São Paulo, 2005. 17 p.
- ESKINAZI, E.; SATÔ, S. **Contribuição ao estudo das diatomáceas da Praia de Piedade**. *Trabalhos do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco*. v. 5, n. 1, p. 73-114, 1963.
- ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M. L.; CUNHA, M. G. G. S. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. (Org.). **Oceanografia: Um Cenário Tropical**. 1. ed. Recife: Editora Bagaço, v. 1, p. 353-374, 2004.
- FIELD, C. B.; BEHRENFELD, M. J.; RANDERSON, J. T.; FALKOWSKI, P. **Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components**. *Science*, v. 281, n. 5374, p. 237-240, 1998.
- GARRISON, T. **Fundamentos de oceanografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 426 p.
- HALLEGRAEFF, G. M.; ANDERSON, D. M.; CEMBELLA, A. D.; ENEVOLDSEN, H. O. **Manual on harmful marine microalgae**. *Monographs and Oceanographic Methodology*. Paris: UNESCO, 2004. 793 p.
- JALES, M. C.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L.; MONTES, M. J. F.; ARAÚJO FILHO, M. C.; SILVA, R. A. **Phytoplankton biomass dynamics and environmental variables around the Rocas Atoll Biological Reserve, South Atlantic**. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 63, p. 443-454, 2015.
- KATZ, M. E.; FENNEL, K.; FALKOWSKI, P. G. **Geochemical and biological consequences of phytoplankton evolution**. In: FALKOWSKI, P. G.; KNOLL, A. H. (Org.). *Evolution of primary producers in the sea*. Burlington: Academic Press, p. 405-430, 2007.
- KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA, E. **Aspectos quantitativos do fitoplâncton na área estuarina de Suape (Pernambuco)**. In: 4º ENCONTRO BRASILEIRO DE PLÂNCTON. Universidade Federal de Pernambuco, Recife: Editora UFPE, p. 55-60, 1991.
- LACERDA, S. R., KOENING, M. L., NEUMANN-LEITÃO, S.; FLORES-MONTES, M. J. **Phytoplankton nyctemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá-Pernambuco-Brazil)**. *Brazilian Journal of Biology*, v. 64, n. 1, p. 81-94, 2004.
- LEE, R. E. *Phycology*. 5. ed. **Cambridge: Cambridge University Press**, 2018. 546 p.
- LIEBIG, J. **Die organische chemie in ihrer anwendung auf agricultur und physiologie/von Justus Liebig**, 1841.
- LONGHURST, A. R.; PAULY, D. **Ecologia dos oceanos tropicais**. São Paulo: Editora Edusp, 2007. 424 p.
- LOURENÇO, R. A.; COMBI, T.; ALEXANDRE, M. R.; SASAKI, S. T.; ZANARDI-LAMARDO, E.; YOGUI, G. T. **Mysterious oil spill along Brazil's northeast and southeast seaboard (2019-2020): Trying to find answers and filling data gaps**. *Marine Pollution Bulletin*, v. 156, p. 111219, 2020.

- MÜLLER, M. N.; TRULL, T. W.; HALLEGRAEFF, G. M. **Differing responses of three Southern Ocean *Emiliania huxleyi* ecotypes to changing seawater carbonate chemistry.** Marine Ecology Progress Series, v. 531, p. 81-90, 2015.
- MUYLAERT, K.; SABBE, K.; VYVERMAN, W. **Changes in phytoplankton diversity and community composition along the salinity gradient of the Schelde estuary (Belgium/The Netherlands).** Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 82, n. 2, p. 335-340, 2009.
- OTSUKA, A. Y.; FEITOSA, F. A. D. N.; MONTES, M. D. J. F.; SILVA, A. C. D. **Influence of fluvial discharge on the dynamics of Chlorophyll- $\alpha$  in the continental shelf adjacent to the Recife Port Basin (Pernambuco-Brazil).** Brazilian Journal of Oceanography, v. 66, n. 1, p. 91-103, 2018.
- OTTMANN, F.; OKUDA, T.; CAVALCANTI, L. B.; SILVA, O. C.; ARAÚJO, J. V. A.; COELHO, P. A.; PARANAGUÁ, M. N.; ESKINAZI, E. **Estudo da Barra das Jangadas-Parte V-Efeitos da poluição sobre a ecologia do estuário.** Trabalhos do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, v. 7, n. 8, p. 7-16, 1965.
- PASSAVANTE, J. Z. O. **Produção primária do fitoplâncton do Canal de Santa Cruz (Itamaracá-Pernambuco).** 188 p. Tese (Doutorado em Ciências)- Instituto Oceanográfico de São Paulo, São Paulo, 1979.
- QUEIROZ, A.; KOENING, M. L.; GASPAR, F. L. **Cell biovolume and biomass in carbon of microphytoplankton species of oceanic regions, equatorial Atlantic.** Tropical Oceanography, v. 42, n. 2, p. 131-144, 2014.
- REDFIELD, A.C. **On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton.** UK: University Press of Liverpool, p. 176-192, 1934.
- REYNOLDS, C. S. **Phytoplankton assemblages and their periodicity in stratifying lake systems.** Ecography, v. 3, n. 3, p. 141-159, 1980.
- REYNOLDS, C. S. **The ecology of phytoplankton.** Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 535 p.
- REYNOLDS, C. S.; HUSZAR, V.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. **Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton.** Journal of Plankton Research, v. 24, n. 5, p. 417-428, 2002.
- RIEBESELL, U.; BACH, L. T.; BELLERBY, R. G. J.; BERMUDEZ, R.; BOXHAMMER, T.; CZERNY, J.; SCHULZ, K. G. **Ocean acidification impairs competitive fitness of a predominant pelagic calcifier.** Nature Geoscience, v. 10, n. 1, p. 19-24, 2017.
- SALMASO, N.; NASELLI-FLORES, L.; PADISAK, J. **Functional classifications and their application in phytoplankton ecology.** Freshwater Biology, v. 60, n. 4, p. 603-619, 2015.
- SIEBURTH, J. M.; SMETACEK, V.; LENZ, J. **Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions 1.** Limnology and Oceanography, v. 23, n. 6, p. 1256-1263, 1978.
- SILVA-CUNHA, M. G. G.; LECA, E. E.; BORGES, G. C. P.; SILVA, M. H.; AQUINO, E. P.; AMANCIO, F. C.; SANTIAGO, M. F.; FERREIRA, L. C.; LACERDA, RODRIGUES, S. R. **Estrutura e distribuição espacial e temporal do fitoplâncton da bacia de Sergipe e sul de Alagoas.** In: MOREIRA, D. L. (Org.). Ambiente pelágico da bacia de Sergipe-Alagoas. 1. ed. Sergipe: Editora UFS, v. 3, p. 254-313, 2019.
- SMAYDA, T. J.; REYNOLDS, C. S. **Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly.** Journal of Sea Research, v. 49, n. 2, p. 95-106, 2003.
- SMITH, V. H. **Using primary productivity as an index of coastal eutrophication: The units of measurement matter.** Journal of Plankton Research, v. 29, n. 1, p. 1-6, 2007.
- SOURNIA, A. **Phytoplankton manual.** Monographs and Oceanographic Methodology. Paris: UNESCO, 1978. 337 p.
- TENENBAUM, D. R. **O que sabemos sobre o fitoplâncton do litoral brasileiro?** In: ARAUJO, E. L.; MOURA, A. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GESTINARI, L. M. S.; CARNEIRO, J. M. T. (Org.) Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil. 1. ed. Recife: Imprensa Universitária/UFRPE. v. 1, p. 109-116, 2002.
- VADRUCI, M. R.; CABRINI, M.; BASSET, A. **Biovolume determination of phytoplankton guilds in transitional water ecosystems of Mediterranean Ecoregion.** Transitional Waters Bulletin, v. 1, n. 2, p. 83-102, 2007.
- VOLLENWEIDER, R. A.; TALLING, J. T.; WESTLAKE, D. F. **A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments.** 2. ed. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1974. 225 p.
- ZEEBE, R. E., WOLF-GLADROW, D. 2001. **CO<sub>2</sub> in seawater: equilibrium, kinetics, isotopes.** Amsterdam: Elsevier. 2001. 346 p.
- ZIMMERMANN, C. **Contribuição para o estudo das diatomáceas dos Estados Unidos do Brasil.** Brotéria/Revista Luso-Brasileira: Série Botânica, v. 11, p. 49-164, 1913.
- ZIMMERMANN, C. **Contribuição para o estudo das diatomáceas dos Estados Unidos do Brasil.** Brotéria/Revista Luso-Brasileira: Série Botânica, v. 16, p. 113-122, 1918.

# ZOOPLÂNCTON MARINHO TROPICAL

3

Sigrid NEUMANN-LEITÃO<sup>1</sup>  
Renata Polyana de Santana CAMPELO<sup>1</sup>  
Simone Maria Albuquerque LIRA<sup>2</sup>  
Kaio Henrique Farias da SILVA<sup>1</sup>  
Mauro MELO JUNIOR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

## 1. INTRODUÇÃO: VIVENDO AO SABOR DAS ÁGUAS

O oceano, em toda sua extensão, comporta uma grande parcela de organismos de pequeno tamanho que passa despercebida à maioria das pessoas, embora seja dominante em termos numéricos e responsável por toda a manutenção da vida no planeta. Apesar de habitarem muitos ambientes marinhos, tais como o fundo dos oceanos profundos e os recifes costeiros, é na coluna d'água que esses pequenos organismos explodem em abundância. Uma particularidade marcante desses seres que habitam a massa de água é a incapacidade de se deslocarem contra as correntezas, ou seja, eles vivem sempre ao sabor das águas. Quando qualquer organismo vive nessas condições, dizemos que ele faz parte do Plâncton. Esse termo foi introduzido, pela primeira vez, pelo zoólogo alemão Victor Hensen, em 1886, que fez uso da palavra grega "*plagktós*", que significa "errante" - no sentido de viverem à deriva na água. É possível encontrar todos os grupos de seres vivos no plâncton, incluindo os animais (zooplâncton), as microalgas (fitoplâncton) e os microrganismos (bacterioplâncton e micoplâncton - bactérias e fungos, respectivamente) (Fig. 3.1). Mesmo vivendo ao sabor da movimentação das águas, esses organismos conseguem se deslocar e realizar pequenos movimentos, além de formarem redes complexas de interação trófica e simbiótica com outros seres marinhos.

Os organismos do plâncton vivem em um mundo fisicamente diferente do qual conhecemos.

No ambiente aquático, a força da viscosidade sobre os pequenos corpos provoca dificuldade no deslocamento. No entanto, os organismos planctônicos desenvolveram ao longo da evolução uma série de adaptações à vida aquática. Por exemplo, para permanecerem em uma posição na coluna d'água, diversas estratégias foram estabelecidas por esses organismos (sobretudo os animais do plâncton):

- i)** desenvolvimento de elementos esqueléticos menos densos e resistentes,
- ii)** alterações na composição química corporal,
- iii)** maior quantidade de água dos tecidos,
- iv)** desenvolvimento de substâncias gelatinosas ou reserva de gotas de óleo no corpo, ou
- v)** desenvolvimento de órgãos flutuadores (como se fossem pequenas boias).

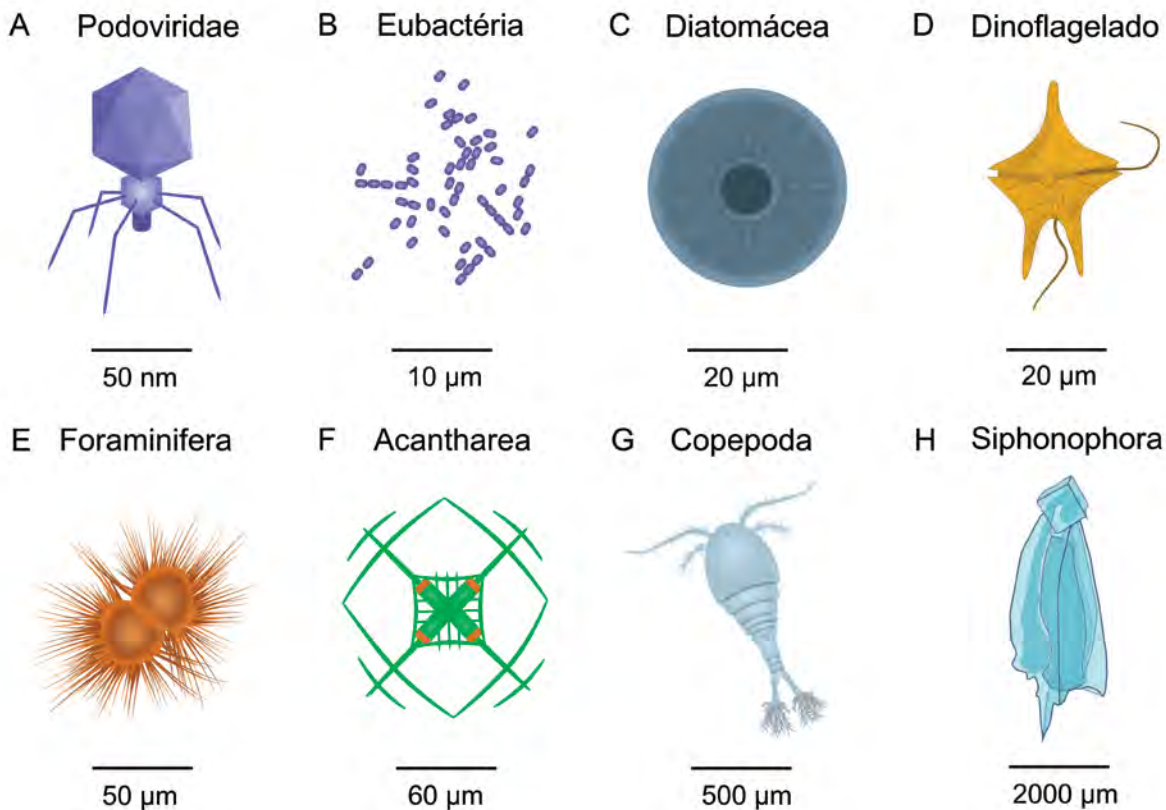
Mesmo sendo leves, os organismos planctônicos somente conseguem permanecer na coluna d'água, sem afundar rapidamente, com o auxílio de algumas adaptações corporais e/ou comportamentais. Dentre tais adaptações corporais, destacam-se o achatamento e a diminuição das dimensões do corpo e criação de prolongamentos corporais (por exemplo, espinhos e apêndices plumosos). Quando a estratégia é comportamental, vemos casos de formação de colônias, movimentos natatórios

ativos (incluindo o batimento de cílios ou flagelos) e a supressão de movimentos (“flutuação neutra” - parecido com o que fazemos ao flutuar na superfície da água). Se não bastasse ter que enfrentar esses problemas de afundamento na coluna d’água, os organismos planctônicos precisam ainda se proteger de predadores, tais como peixes e outros pequenos predadores do próprio plâncton. Como na coluna d’água não possui local para se esconderem, a melhor estratégia é ser transparente. Muitos animais do plâncton são transparentes, permitindo que eles não sejam vistos pelos predadores. Outras táticas são possuir longos espinhos, produzir substâncias não palatáveis, tóxicas ou paralisantes (como ocorre por exemplo, nas medusas) e formar colônias para dificultar a ação de predadores durante o ataque.

## 2. CONHECENDO O ZOOPLÂNCTON E OS OUTROS GRUPOS DO PLÂNCTON

O zooplâncton é formado pelo conjunto de protistas heterótrofos e animais do plâncton. Embora possuam movimentos (ao contrário dos demais grupos do plâncton), seus deslocamentos são determinados pelas correntes de água, turbulência e grandeza da densidade. Esta característica passiva dos deslocamentos é essencial à vida planctônica. O zooplâncton desempenha papel fundamental na estruturação do ecossistema pelágico:

- i) controlando a produção de fitoplâncton e bactérias,

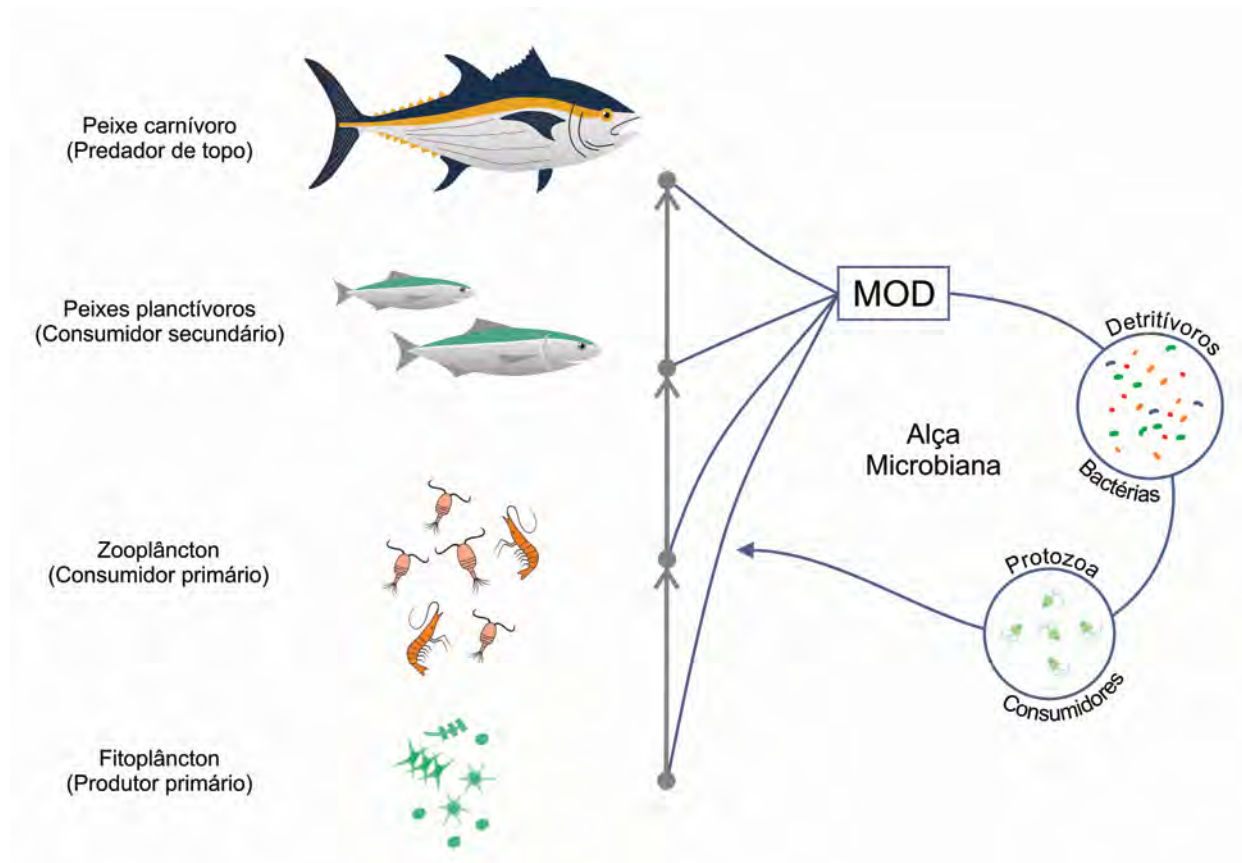


**Figura 3.1** Os menores organismos planctônicos do mundo, incluindo **A)** vírus, **B)** bactérias, **C) D)** fitoplâncton, **E) F)** protistas e **G) H)** zooplâncton. Estes espetaculares e abundantes organismos formam a base microscópica das teias alimentares marinhas.

- ii) fornecendo fonte de alimento para níveis tróficos superiores (peixes, por exemplo),
- iii) representando um elo entre a cadeia trófica clássica e a alça microbiana,
- iv) a matéria orgânica dissolvida (MOD), e
- v) excretando nutrientes que podem ser reciclados pelo fitoplâncton (Fig. 3.2). O zooplâncton também é importante em programas de biomonitoramento, porque eles podem responder rapidamente a variações ambientais naturais e/ou antropogênicas.

Antes de explorar as curiosidades e particularidades do zooplâncton (ver mais adiante em Conhecendo os grupos do zooplâncton), é interessante conhecer

um pouco sobre os demais grupos. Iniciando pelos microrganismos, os vírus e bactérias do plâncton são considerados importantes componentes das cadeias alimentares marinhas, principalmente em termos de biomassa (que seria o correspondente ao somatório de massa viva do grupo em um dado ecossistema). Esses microrganismos desempenham importante papel no processamento de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes, convertendo o carbono orgânico dissolvido em carbono particulado (e vice-versa). Este carbono particulado retém nutrientes e torna-se disponível para os outros níveis tróficos. Por esta razão, esses dois grupos também são extremamente importantes para o estoque de carbono nos oceanos. O fitoplâncton, por outro lado, é um dos principais produtores primários do ambiente aquático, responsável por quase metade da produção primária líquida global.



**Figura 3.2** A importância do zooplâncton no ecossistema marinho (1 = fitoplâncton, 2 = zooplâncton, 3 = nécton, MOD = Matéria orgânica dissolvida).

Sua abundância e estrutura de comunidades impactam diretamente os níveis tróficos superiores e os principais ciclos biogeoquímicos. Esses microrganismos aquáticos compartilham com as plantas continentais a importante função de produzir o oxigênio, embora os cientistas acreditem que o fitoplâncton contribui entre 50-85% do oxigênio na atmosfera da Terra.

De acordo com a duração da vida planctônica, o zooplâncton pode ser diferenciado em **meroplâncton** (Gr. *meros*, parte), que corresponde aos organismos que passam apenas parte do seu ciclo de vida no plâncton, usualmente ovos e larvas, tais como peixes, equinodermos, cnidários, moluscos e vários grupos de crustáceos, e em **holoplâncton** (Gr. *holos*, inteiro), que trata daqueles que vivem todo o seu ciclo de vida no plâncton, chamado também de plâncton permanente. Os organismos mais importantes do holoplâncton são os copépodes, pequenos crustáceos dominantes na coluna d'água, compreendendo 55-95% da abundância e até 80% da biomassa total do zooplâncton.

Considerando a distribuição horizontal no ambiente marinho, o zooplâncton pode ser classificado em **nerítico** (que se estende desde a costa até a quebra do talude continental, sendo geralmente rico em meroplâncton, devido à proximidade com o fundo oceânico e a costa) e **oceânico** (localizado longe das regiões costeiras, sendo na maioria composto por seres do holoplâncton). Muitas vezes, ocorrem incursões de espécies neríticas costeiras na área oceânica e vice-versa, de acordo com as correntes predominantes, sendo este fato mais comum em plataformas continentais estreitas, como as que ocorrem no Nordeste brasileiro.

Dentre importantes descritores da comunidade zooplanctônica, a abundância, a biomassa e a diversidade, diminuem com a profundidade do oceano, o que está relacionado à disponibilidade de alimentos que também diminui com a profundidade. Logo, verticalmente na coluna

d'água encontram-se comunidades distintas do zooplâncton e que estão diretamente relacionadas à massa d'água presente em determinada profundidade. Assim, registra-se verticalmente:

- i) **Plêuston** = animais que têm uma fração do seu corpo que ultrapassa a superfície da água (**ex:** os sifonóforos *Physalia*, *Velella*, *Porpita*, o gastrópode *Janthina* e os cirrípedes pedunculados do gênero *Lepas*);
- ii) **Nêuston** = povoamento da interface oceano-atmosfera que compreende a camada que vai da superfície até 0,60 m a 1 m de profundidade, compreendendo hemípteros do gênero *Halobates*, copépodes, larvas e ovos de invertebrados e de peixes;
- iii) **Zooplâncton epipelágico** = organismos que vivem nos primeiros 300 m da coluna de água. A maioria é herbívora;
- iv) **Zooplâncton mesopelágico** = organismos que vivem em profundidades compreendidas entre 300 e 1.000 m. Possuem pouca coloração sendo a maioria carnívora;
- v) **Zooplâncton batipelágico** = organismos que vivem em profundidades compreendidas entre 1.000 e 3.000 m;
- vi) **Zooplâncton Abissopelágico** = organismos que vivem em profundidades compreendidas entre 3.000 e 6.000 m;
- vii) **Zooplâncton Epibentônico** = organismos que vivem próximo ao substrato em busca de alimento e proteção.

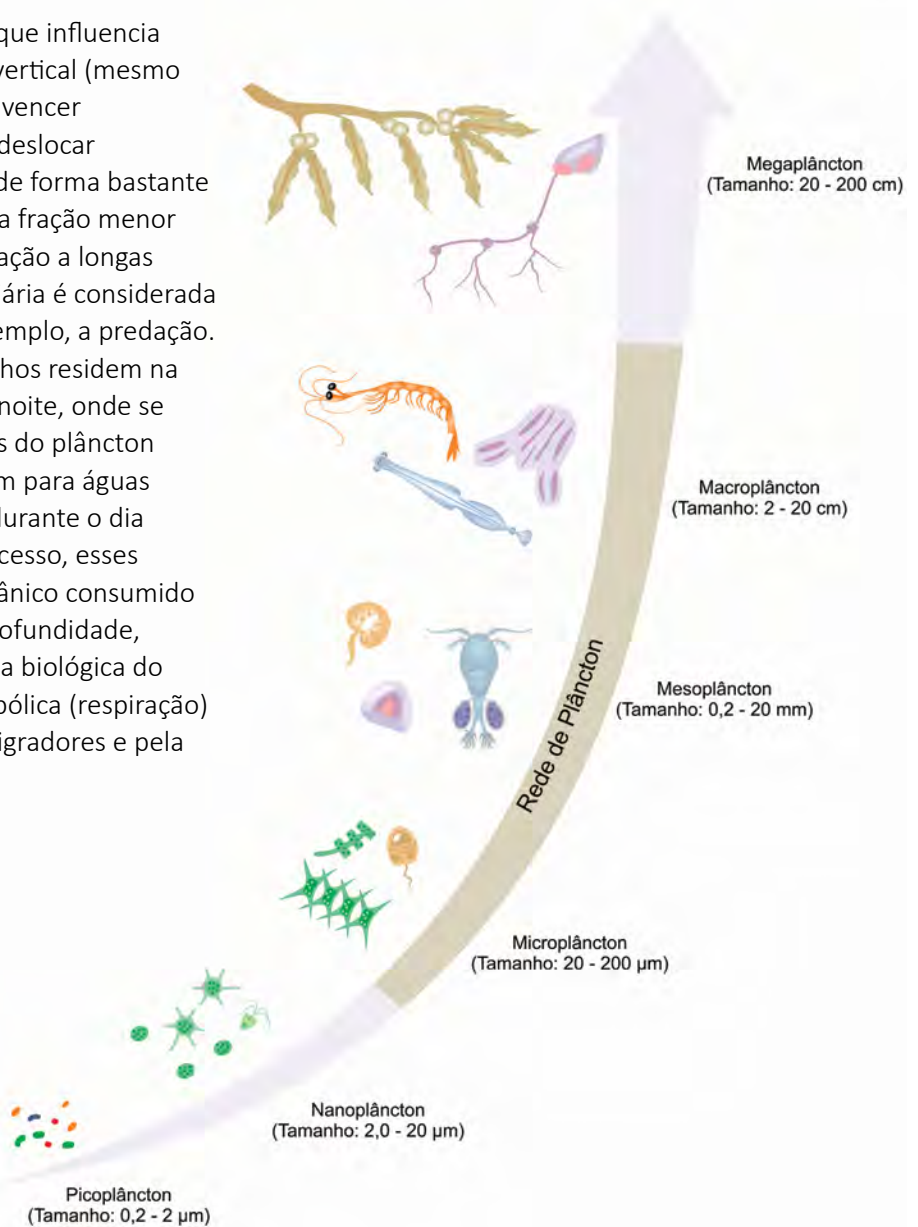
Quando se compara os menores com os maiores vertebrados da Terra, vemos uma variação que vai desde o tamanho equivalente a um grão de feijão (como é o caso de uma espécie de rã na Papua Nova Guiné, que possui menos de 8 mm) até um pouco



mais de 24 m (como é o caso da baleia-azul). O mesmo ocorre no zooplâncton. Toda a faixa de tamanho do plâncton se estende basicamente por seis ordens de magnitude: picoplâncton (0,2 a 2  $\mu\text{m}$ ), nanoplâncton (2 a 20  $\mu\text{m}$ ), microplâncton (20 a 200  $\mu\text{m}$ ), mesoplâncton (200  $\mu\text{m}$  a 20 mm), macroplâncton (2 a 20 cm) e megaloplâncton (> 20 cm) (Fig. 3.3). Estas classificações são bastante arbitrárias, porque são derivadas do tamanho da malha das redes usadas para amostrar os diferentes componentes.

O tamanho é também um fator que influencia o comportamento da migração vertical (mesmo o zooplâncton não conseguindo vencer as correntezas, ele consegue se deslocar verticalmente na coluna d'água de forma bastante eficiente). Mas, acredita-se que a fração menor do zooplâncton não realiza migração a longas distâncias. A migração vertical diária é considerada uma estratégia de evitar, por exemplo, a predação. Muitos pequenos animais marinhos residem na superfície do oceano eufótico à noite, onde se alimentam de outros organismos do plâncton (painel esquerdo), porém migram para águas mesopelágicas mais profundas durante o dia (painel direito) (Fig. 3.4). No processo, esses animais transferem carbono orgânico consumido na superfície do oceano até a profundidade, contribuindo assim para a bomba biológica do carbono. A decomposição metabólica (respiração) deste carbono orgânico pelos migradores e pela

comunidade mesopelágica reduz os níveis de oxigênio em profundidade, onde as concentrações de  $\text{O}_2$  já são baixas. Este transporte descendente de carbono orgânico por migrantes diários serve como um caminho alternativo para o afundamento gravitacional de partículas detriticas (painel da esquerda) (Fig. 3.4). Em termos de biomassa, é a maior migração do mundo, na qual vários estímulos são responsáveis por este fenômeno, sendo a resposta mais evidente as mudanças na intensidade da luz.



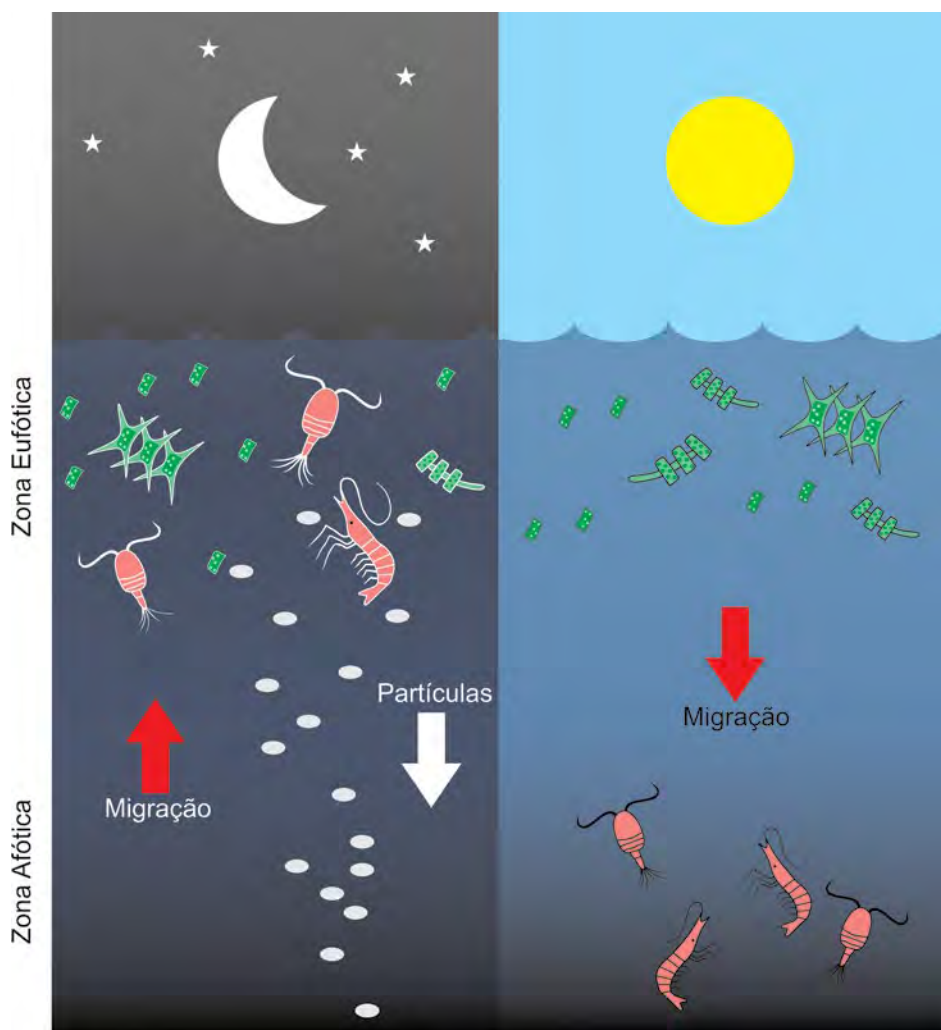
**Figura 3.3** Classificação planctônica baseada na faixa de tamanho.

A explicação para esse fenômeno tem várias causas, embora as mais comuns sejam a busca por alimento e para evitar predadores. Embora esta migração em massa seja geralmente noturna, com os animais subindo das profundezas ao anoitecer e descendo ao nascer do sol, o horário pode ser alterado em resposta a diferentes estímulos. Existe ainda a migração vertical inversa, quando os organismos do zooplâncton estão na zona epipelágica durante o dia e a noite desce para maiores profundidades.

### 2.1. Como o zooplâncton obtém alimento?

O zooplâncton é heterotrófico e, enquanto muitos são herbívoros e se alimentam de fitoplâncton,

outros são carnívoros, detritívoros e onívoros. A aquisição de alimentos exige basicamente dois processos: o primeiro é encontrar o alimento e o segundo é capturá-lo. Às vezes, esses processos não podem ser claramente separados, principalmente no que diz respeito, por exemplo, aos suspensívoros, em que o encontro e a captura ocorrem simultaneamente, essencialmente como o mesmo processo. Em outros casos, encontrar e capturar alimentos são processos separados. Exemplos são aqueles organismos que se alimentam por emboscada, atacando presas específicas que vêm dentro de sua esfera de percepção. Assim, o zooplâncton utiliza diferentes estratégias para obter comida, sendo possível diferenciá-los em quatro tipos principais:



**Figura 3.4** Esquema da migração vertical diária.

- i) Alimentação por emboscada passiva** = aqueles que encontram e interceptam passivamente presas devido à motilidade da presa. Exemplos: *Mnemiopsis leidy* (Ctenophora) e *Limacina helicina* (Pteropoda);
- ii) Alimentação por emboscada ativa** = aqueles que encontram passivamente (percebem estímulos sensoriais) presas móveis e as capturam por ataques ativos. Exemplos: *Flaccisagitta enflata* (Chaetognatha) e *Acartia tonsa* (Copepoda);
- iii) Correntes de alimentação** = As formas que geram correntes de alimentação são taxonomicamente mais difundidas. As correntes de alimentação funcionam de pelo menos três maneiras diferentes: (a) a presa que chega à corrente de alimentação é interceptada diretamente pelo pastador, (b) a corrente é passada por alguma estrutura de filtragem (malha ou filtro) que prende as partículas/presas ou (c) a corrente de alimentação é uma corrente de varredura que permite que o pastador examine um grande volume de presas que são então percebidas e capturadas individualmente. Exemplos: *Oikopleura dioica* (Larvacea) e *Doliolum denticulatum* (Thaliacea).
- iv) Alimentação por busca** = zooplâncton que nada ativamente e “intencionalmente” para encontrar sua presa. A distinção entre alimentadores por correntes e por busca nem sempre é rigorosa, porque o zooplâncton pode ser puxado pela água (“nadar”) pela corrente de alimentação. Duas categorias de alimentadores por busca são estabelecidas em função do tamanho da presa ingerida: aqueles que se alimentam de presas menores que eles e aqueles que se alimentam de presas ou partículas que são (muito) maiores que eles. Há uma suposição crescente de que muitos organismos do zooplâncton herbívoro alimentam-se de agregados de neve marinha, e se deslocam ativamente através da água como alternativa ao fluxo alimentar para encontrar essas partículas. Exemplos: *Temora longicornis* e *Oncaea* sp. (ambos Copepoda).

## 2.2. Uma série de fatores ambientais regula o zooplâncton

A composição taxonômica, abundância, biomassa, produtividade, diversidade e estrutura de tamanho da comunidade zooplânctônica variam numa ampla escala espacial e temporal. Entender os processos que criam esses padrões tornou-se cada vez mais importante diante de ameaças contínuas de destruição de habitat, poluição, invasão de espécies e alterações climáticas. Assim, os processos de distribuição dos organismos (topografia local, padrões de correntes, ventos e características físico-químicas das massas d'água) podem fornecer informações sobre os possíveis mecanismos responsáveis pela complexidade e manutenção dos recursos naturais e fornecer informações críticas para a conservação. A distribuição temporal do zooplâncton é influenciada pelos processos físicos como misturas induzidas por ventos, advecção por marés e vórtices. Em regiões neríticas estes fatores são tidos como muito importantes nas variações a curto prazo nas comunidades zooplânctônicas.

O ambiente marinho no Nordeste do Brasil está sob a influência dos ventos alísios que atuam no transporte das águas da Corrente Sul Equatorial (CSE) que em torno de 10°S bifurca-se em duas partes: uma a norte e uma outra sul, originando as Corrente Norte do Brasil e Corrente do Brasil, respectivamente. Os alísios de sudeste, predominantes, acumulam água tropical na direção do Nordeste brasileiro, não permitindo a ocorrência de ressurgências. A comunidade zooplânctônica segue o regime hidrográfico dominado pela Água Superficial Equatorial. Nas áreas mais costeiras sob influência das plumas estuarinas, o zooplâncton alcança maior produtividade em decorrência da drenagem continental trazendo grande carga de nutrientes e pela regeneração bentônica.

Nas águas de plataforma a turbulência induzida por ventos e marés pode ser um processo importante na distribuição do zooplâncton em pequena escala temporal e na formação de manchas. Essas manchas persistem enquanto durar as forças físicas

em níveis energéticos suficientes, e assim que cessa a intensidade, a reestruturação da comunidade depende da habilidade natatória das espécies. Nas áreas costeiras ocorre uma alta variabilidade temporal devido a maior pressão de impactos físicos e antrópicos. Por outro lado, áreas mais oceânicas exibem um padrão de distribuição mais estável. Em geral, o zooplâncton acompanha o regime hidrográfico que é dominado pela Corrente Sul Equatorial, sendo a província oceânica influenciada pela massa d'água Tropical e a nerítica pela turbulência gerada por marés e pluma estuarina.

A luz penetra mais fundo nos oceanos tropicais e isto produz uma camada de compensação de oxigênio profunda, contudo, a presença de uma termoclina com estratificação permanente das massas d'água, impedindo o aporte de águas mais profundas ricas em nutrientes, condicionando a presença de comunidade zooplanctônica diversa na camada acima dessa termoclina, entretanto, a abundância é muito baixa.

A penetração de águas continentais na região costeira, com salinidade reduzida e com suas diferentes características físico-químicas e intensidade, estimula uma variedade de efeitos ecológicos através de sua influência nos processos biológicos. Esses processos têm papel relevante nas mudanças do zooplâncton, sobretudo nas regiões tropicais, onde as variáveis abióticas sofrem variações pouco acentuadas.

O conjunto dos fatores abióticos atua na biodiversidade, que apresenta um padrão similar de distribuição em todo Nordeste do Brasil, com valores menores nas áreas costeiras e altos nas áreas oceânicas. Copepoda domina nessas águas, com tendência a aumentar da costa até a interface plataforma-talude, quando alcançam grandes abundâncias numéricas, decrescendo nas estações mais oceânicas. Os demais componentes da comunidade zooplanctônica também tendem a diminuir em direção à província oceânica. A biomassa total no Atlântico tropical oeste, apresenta

valores de biomassa inferiores a  $100 \text{ mg m}^{-3}$ , o que indica área oligotrófica (pobre em nutrientes). A oligotrofia é comprovada pela frequência e abundância na área de espécies indicadoras desta condição (*Undinula vulgaris*, *Nannocalanus minor*, *Euchaeta marina*, *Temora stylifera*, *Oithona atlantica*, *Oithona plumifera*, *Clausocalanus furcatus*, *Farranula gracilis*, *Calocalanus pavo* e *Oncaea venusta*). Em áreas costeiras a predominância de Copepoda é alternada com alguns grupos meroplanctônicos, influenciados pela pluma estuarina e período reprodutivo.

### 2.3. Conhecendo os grupos do zooplâncton

O zooplâncton apresenta uma diversidade enorme de grupos, entretanto, alguns deles se destacam pela sua abundância dentro dos ambientes marinhos do Nordeste do Brasil. A seguir, segue uma breve descrição sobre algumas características dos principais representantes registrados na região.

#### 2.3.1. Protistas heterótrofos

Dentro dos grupos planctônicos, os protozoários são também conhecidos como protozooplâncton, e classificados como microzooplâncton, devido ao seu pequeno tamanho corporal. Os representantes mais comumente registrados nos ambientes pelágicos são os dinoflagelados, ciliados, foraminíferos e os radiolários.

Os dinoflagelados apresentam descritos em mais de 4.000 espécies, incluindo as formas extintas, e estão distribuídos em todos os ambientes aquáticos ao redor do mundo. Mais de 90% das espécies desse grupo são planctônicas e oceânicas, e mais da metade das mesmas realizam fotossíntese. Dessa forma, os dinoflagelados apresentam papel fundamental dentro da produção primária do ambiente. Os dinoflagelados apresentam a maior parte de seus representantes unicelulares, contudo, várias espécies formam colônias pluricelulares filamentosas. Uma das características

morfológicas principais do grupo é apresentar dois flagelos posicionados de tal forma que giram ou rodam enquanto nadam, e devido a isso, a origem do seu nome vem do grego *dinos* = giro. Ocasionalmente, os dinoflagelados planctônicos causam as marés vermelhas, que são surtos periódicos de crescimento populacional. A maré vermelha é simplesmente uma faixa ou área de água oceânica geralmente de tonalidade castanho avermelhado ou laranja-rosada, devido à presença de inúmeros dinoflagelados (e, ocasionalmente, diatomáceas ou outras algas), que aglomeram de 10 a 100 milhões de células por litro de água do mar. Muitos organismos da maré vermelha produzem substâncias tóxicas e algumas estão entre os tóxicos mais potentes conhecidos, matando muitos animais, e até mesmo seres humanos que se alimentam de organismos infectados, como por exemplo, moluscos.

Os ciliados são caracterizados pela presença de cílios, o que faz menção ao nome do grupo. Os cílios podem variar conforme o tamanho e a forma e estes estão organizados na superfície celular desses organismos. Outra característica dos ciliados é a conjugação, que é um tipo de reprodução onde os organismos se fundem e trocam núcleos gaméticos. Os tintinídeos são bem representativos e estudados entre os grupos de ciliados. Esses organismos podem medir de 20 µm até centenas de micrometros e são conhecidos devido a sua lóricas de natureza proteica (Fig. 3.5A), que é construída pelo próprio organismo e que reveste esses organismos quando estão retraídos dentro da mesma. A morfologia da lóricas é a principal característica taxonômica do grupo, com exceção dos trabalhos recentes utilizando ferramentas moleculares, esse é o principal recurso para classificar os mesmos. Essas lóricas, geralmente, apresentam uma forma tubular e/ou cônica e podem ser praticamente de dois tipos: aglutinada que contém partículas biogênicas ou minerais fixados em toda sua extensão, ou pode ser do tipo hialina, onde essas partículas estão ausentes, tornando-se geralmente transparentes.

Os tintinídeos apresentam até o momento, mais de 25 espécies na região Nordeste do Brasil, e destas, 17 são bem comuns, seis com lóricas aglutinadas e onze com lóricas hialinas. São muito frequentes as espécies *Tintinnopsis (Leptotintinnus) nordqvist* (Brandt, 1906), *Tintinnopsis nucula* (Fol, 1884) e *Favella ehrenbergii* (Claparède e Dachmann, 1858). A diversidade deles apresenta um gradiente, aumentando em direção à região oceânica. No Nordeste do Brasil, algumas espécies são bem frequentes, por exemplo, na Ilha de Itamaracá (Pernambuco) durante o período de estiagem, os tintinídeos *Favella ehrenbergii* Jörgensen (1924) e *Tintinnopsis (Leptotintinnus) nordqvist* (Brandt, 1906), representam de 50 a 80% de toda a comunidade.

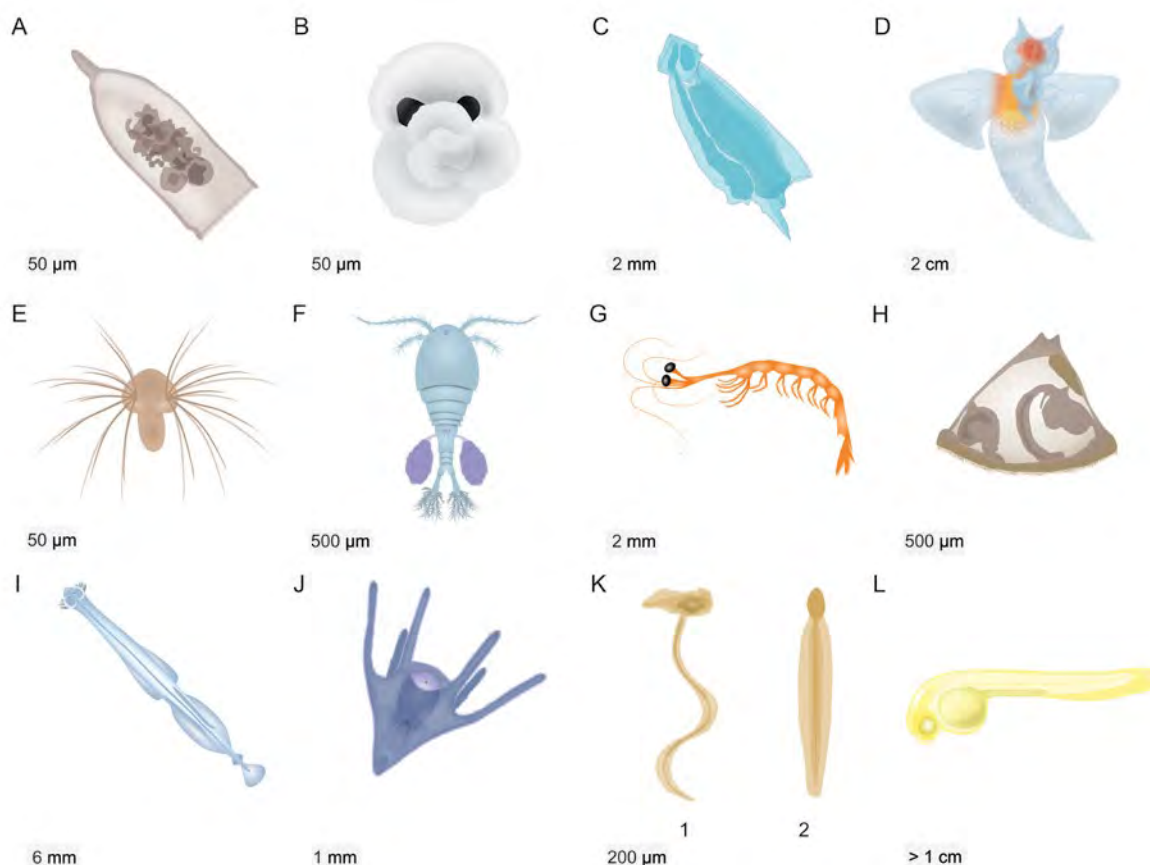
Os foraminíferos são um dos grupos mais bem-sucedidos de protistas amebóides (Fig. 3.5B). Estes constituem outra parcela importante do microzooplâncton. Os foraminíferos (**ex:** *Globigerina*) são encontrados mais comumente nas águas marinhas e salobras, e caracterizam-se pela presença de uma testa com uma ou várias câmaras e reticulópodes bem-definidos – pseudópodes longos e finos (sustentados por microtúbulos), que se ramificam e formam anastomoses – e que abrigam um mecanismo de transporte intracelular bidirecional rápido. A maior parte das espécies é considerada fóssil e mais de 35 espécies planctônicas têm sido reportadas no oceano Atlântico Sul. Sua importância é descrita na literatura por serem usados como indicadores de sistemas de correntes, de eras geológicas e de depósitos de petróleo e gás. Normalmente esses organismos são caracterizados por apresentar um exoesqueleto constituído de carbonato de cálcio secretado pelo próprio organismo. Este exoesqueleto possui uma ou várias câmaras cujos números e forma são importantes para a identificação das espécies.

Na região Nordeste do Brasil, esses organismos apresentam representantes holoplanctônicos e os mais comuns são: *Globigerinoides ruber* f. *alba*

(d'Orbigny, 1839), *Globigerinoides ruber f. rosacea*, (d'Orbigny, 1839), *Globigerinoides sacculifer* (Brady, 1877), *Globigerinoides trilobus* (Reuss, 1850), *Hastigerina pelagica* (d'Orbigny, 1839) e *Globorotalia menardii* (Jones e Brady, 1865). Além destes, alguns gêneros bentônicos como *Planispirulina*, *Bolivina*, *Textularia*, *Triloculina*, *Quinqueloculina*, dentre outros, são encontrados comumente em amostras do plâncton costeiro. Em áreas costeiras, a espécie *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny, 1839) domina. No período chuvoso, os foraminíferos representam muitas vezes de 44 a 52% da comunidade protozooplânctônica. Em áreas mais próximas ao continente o foraminífero *Tretomphalus bulloides* (d'Orbigny, 1839) também é abundante.

### 2.3.2. Cnidários

Os cnidários representam um dos grupos mais complexos de organismos presente dentro do plâncton devido a sua enorme variação morfológica e tipos de habitats. A característica principal deste grupo é apresentar as *cnidas*, que traz a origem do filo Cnidaria (*Knida* = urticante). Estas são estruturas tubulares singulares contidas em cápsulas celulares que facilitam a captura de presas, a defesa, a fixação e a locomoção. Os cnidários também apresentam dois tipos de desenvolvimento no ambiente pelágico. Os representantes “holoplânctônicos” apresentam na maioria das vezes uma consistência gelatinosa, sendo um dos grupos dominantes do



**Figura 3.5** Esquema dos organismos representantes do zooplâncton mais comumente registrados no Nordeste do Brasil. **A)** Ciliophora (Tintinnina); **B)** Foraminifera; **C)** Siphonophora; **D)** Mollusca (Pteropoda); **E)** Larva de Polychaeta; **F)** Copepoda (Cyclopoida); **G)** Decapoda (*Lucifer* sp.); **H)** Bryozoa (Larva cifonauta); **I)** Chaetognatha; **J)** Echinodermata (Larva Ophiopluteus); **K)** Urochordata (Appendicularia). **1** Vista lateral; **2** Vista dorsal); **L)** Larva de Teleostei.

plâncton gelatinoso. Geralmente, os cnidários planctônicos apresentam forma de medusas como águas-vivas e caravelas. Os cnidários meroplanctônicos possuem representantes de larvas de organismos antozoários como por exemplo, os corais.

No Nordeste do Brasil, mais de 21 táxons infragenéricos estão distribuídos entre Hydroidomedusae, Siphonophora e Scyphomedusae. As hidromedusas são bem representativas, e entre as conhecidas, *Bougainvillia frondosa* Mayer, 1900 é comumente encontrada na região de transição plataforma-talude; além desta, ocorrem em águas oceânicas *Liriope tetraphylla* (Chamisso e Eisenhardt, 1821) e *Zanclaea costata* Gegenbaur, 1856. Em áreas neríticas é encontrada *Neoturris pileata* (Forskäl, 1775), enquanto *Obelia* spp. tem ampla distribuição em águas neríticas e oceânicas. Os Siphonophora são mais oceânicos, sendo classificados de acordo com a presença ou ausência do pneumatóforo (flutuador) e a presença de sinos natatórios, conhecidos como nectóforos (Fig. 3.5C). No Nordeste do Brasil, destacam-se as espécies *Abylopsis eschscholtzi* (Huxley, 1859) e *Chelophyes appendiculata* (Eschscholtz, 1829) essa última ocorrendo com mais de 70% de frequência de ocorrência. Dentre as espécies registradas em ambas as províncias nerítica e oceânica destacam-se: *Eudoxoides spiralis*, *Bassia bassensis* e *Lensia* spp. As medusas são reconhecidas como organismos de grande tamanho. A espécie *Nausithoe punctata* Kölliker, 1853 ocorre preferencialmente em áreas oceânicas.

### 2.3.3. Moluscos

Os moluscos mais conhecidos são as ostras, mariscos, caracóis, caramujos, polvos e lulas. No zooplâncton, estão representados por organismos meroplanctônicos, como por exemplo, as próprias larvas de caramujos e mariscos, que são descritas como larvas. As características morfológicas desse tipo de larva destacam-se pela concha e um pé em forma de véu-de-noiva, que possui a

função de aumentar a flutuabilidade na coluna d'água. Essas larvas geralmente são abundantes na comunidade planctônica do Nordeste do Brasil. Outros representantes são as paralarvas de Cephalopoda (lulas e polvos), esse nome é devido aos representantes serem morfológicamente semelhantes aos adultos, contudo nessa fase são organismos planctônicos, e quando adultos são bentônicos, nectônicos ou necto-bentônicos.

Os moluscos holoplanctônicos (Heteropoda e Pteropoda) (Fig. 3.5D) são conhecidos como borboletas-do-mar, devido aos pés em forma de asas. Esses organismos apresentam conchas frágeis e transparentes e são considerados uns dos mais belos grupos do zooplâncton marinho. Os representantes registrados no Nordeste do Brasil são pertencentes à classe: Gastropoda, com 3 ordens (Thecosomata, Gymnosomata e Mesogastropoda).

Dentre os Pteropoda identificados ocorrem em área oceânica: *Limacina (Thilea) inflata* (d'Orbigny, 1836), *Styliola subula* (Quoy e Gaimard, 1827), *Cuvierina columnella* (Rang, 1827), *Firoloida desmarestia* Lesueur, 1817 e *Peraclis* sp. As conchas embrionárias de Cavolinidae ocorrem também predominantemente na região oceânica. Em áreas neríticas foram registradas a ocorrência de *Creseis acicula* Rang, 1828 e *Creseis virgula* (Rang, 1828). Registros de espécies de *Atlanta* spp. foram realizados tanto na região nerítica como oceânica do Nordeste do Brasil.

### 2.3.4. Anelídeos

Conhecidos como animais vermiformes segmentados, ou anelídeos, a característica principal deste grupo é apresentar um corpo segmentado como anéis, que traz a origem do filo Annelida (Gr. *anellus* = anelados). Sua morfologia é caracterizada principalmente por apresentar uma cabeça seguida de um corpo segmentado, no qual a maioria dos elementos internos e externos é repetida em cada segmento. Atualmente, o grupo

apresenta mais de 20.000 espécies descritas. No ambiente marinho, eles podem ser observados em diversos compartimentos, desde animais minúsculos da meiofauna até espécies marinhas, que podem exceder 3 m de comprimento. Esse grupo é muito abundante em ambientes marinhos. Dentro do compartimento pelágico, os organismos planctônicos apresentam representantes meroplanctônicos e hoplanctônicos. As larvas são conhecidas como trocóforas (Fig. 3.5E), esse é um termo compartilhado por vários outros táxons de protostômios (**ex:** Mollusca, Nemertea, Entoprocta). Algumas espécies evoluíram para passar toda sua vida no ambiente planctônico, e apresentam adaptações especiais, como por exemplo, tamanho corporal pequeno, cerdas longas, olhos grandes e complexos, um alto grau de transparência, entre outras características. Os mais conhecidos “poliquetas planctônicos” são representantes da família Tomopteridae, que são representados na região do Nordeste do Brasil pela espécie *Tomopteris* sp.

### 2.3.5. Crustáceos

Os crustáceos estão entre os animais mais abundantes e diversos do plâncton, contribuindo com mais de 50% da biomassa do zooplâncton marinho. A maior parte desse percentual é representada pelos Copepoda e outros organismos, tais como os Decapoda (caranguejos e camarões, por exemplo) e os Euphausiacea (krill, o alimento da baleia). A subclasse Copepoda (Fig. 3.5F) é a maior e mais diversa entre os crustáceos. No oceano Atlântico Sul é representado por mais de 500 espécies planctônicas, sendo um dos principais elos de transferência de energia entre o fitoplâncton/micro-mesozooplâncton e os grandes carnívoros marinhos. A densidade e a distribuição das espécies podem servir como indicadores biológicos de massas d’água e da qualidade ambiental. Cultivos de copépodos são realizados para fins de alimento na aquicultura, bem como para estudos ecotoxicológicos. Na região Nordeste do Brasil, os copépodos dominam numericamente

na região nerítica e decrescem em direção às águas oceânicas. Um padrão contrário é observado para a diversidade onde baixos valores são registrados nas áreas costeiras e altos valores em direção às áreas mais oceânicas.

Atualmente a subclasse Copepoda é dividida em oito ordens, das quais, apenas quatro (Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida e Monstrilloida) têm representantes no zooplâncton marinho. Das quatro ordens, Calanoida é a mais bem-sucedida, em função de sua ocupação em todo pélagos, em todos os ecossistemas aquáticos (marinho, água doce e lagoas salinas) e em todas as profundidades que vai desde o ambiente neustônico até as regiões abissais. Dentre os copépodos mais frequentes (>70%) no Nordeste brasileiro, destacam-se em ordem decrescente: *Undinula vulgaris* (Dana, 1849), *Nannocalanus minor* (Claus, 1863), *Euchaeta marina* (Prestandrea, 1833), *Temora stylifera* (Dana, 1849), *Oithona atlantica* Farran, 1908, *Clausocalanus furcatus* (Brady, 1883), *Farranula gracilis* (Dana, 1849), *Calocalanus pavo* (Dana, 1849), *Oncaea venusta* Philippi, 1843, *Oncaea media* Giesbrecht, 1891, *Oithona plumifera* Baird, 1843, *Microsetella rosea* (Dana, 1848).

Os decápodes são em muitas regiões marinhas o segundo maior grupo em abundância depois dos copépodos. Considerado um dos grupos mais diversos dentre os crustáceos, apresentam aproximadamente 18.000 espécies descritas. Seus principais representantes (camarões, caranguejos e lagostas) possuem elevada importância pesqueira e são popularmente conhecidos em sua fase adulta. As fases adultas de *Sergestes* sp. e *Lucifer typus* H. Milne Edwards, 1837 (dominantes na área oceânica), *Belzebub faxoni* (Borradaile, 1915) (Figura 3.5G) (espécie holoplanctônica) e *Acetes americanus* Ortmann, 1893 estão amplamente representados no Nordeste do Brasil. Esses grupos também podem ser representados por estágios larvais *Elaphocaris* e *Acanthosoma*, que ocorrem, principalmente, em águas neríticas. A maioria dos Decapoda está presente dentro do



ambiente planctônico, apenas na fase larval, por exemplo, pode ser registrado as larvas de camarão Alpheidae, que são mais neríticas, enquanto as do camarão Hippolytidae têm ampla distribuição. Larvas de lagosta Palinuridea (Phyllosoma), representantes de Calianassidae, Upogebiidae e caranguejos Porcellanidae, Anomura e Brachyura ocorrem, geralmente, na província nerítica. Em ambientes costeiros, os Brachyura são bastante representativos, e são constituídos pelas larvas de caranguejos, siris e aratus que apresentam estágios larvais conhecidos como zoeas e megalopas. Destacam-se espécies bem conhecidas comercialmente, como o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*), o guaiamum (*Cardisoma guanhumi*) e os siris do gênero *Callinectes* sp.

Crustáceos planctônicos que não são copépodos e decápodes, ainda são pouco estudados, no Nordeste do Brasil principalmente devido à ausência de especialistas, sendo registrados nas sinopses sistemáticas dos trabalhos de zooplâncton como grandes grupos (Amphipoda, Isopoda, Stomatopoda, Cirripedia, Euphausiacea, Mysidacea, Ostracoda e Cladocera). A ordem Mysidacea, por exemplo, apresenta uma ampla distribuição, e habitam próximo ao substrato durante o dia migrando à noite para as camadas superficiais, alguns dos exemplares que ocorrem na área apresentam câmaras incubadoras com vários embriões. Amphipoda é uma ordem representada no plâncton pelas subordens Gammaridea e Hyperiidia, apresentando maior abundância à noite. A ordem Isopoda (Epicaridae) ocorre no estágio larval em áreas bem costeiras. Euphausiacea é uma ordem composta por 86 espécies, distribuídas em 2 famílias e 11 gêneros. Popularmente conhecidos como krill, são crustáceos exclusivamente marinhos e planctônicos. Estes organismos se encontram distribuídos em águas neríticas e, principalmente, em águas oceânicas, em todos os mares do mundo, até 5.000 metros de profundidade. Os eupausiáceos exploram uma ampla variedade de itens alimentares (fitoplâncton, zooplâncton e detritos). Diversos estudos evidenciaram uma forte

correlação entre a alimentação e o comportamento de migração vertical diária realizada por esses organismos. Os eupausiáceos são capazes de realizar grandes migrações verticais, desempenhando um importante papel no transporte de carbono das camadas superiores para o fundo oceânico. As espécies frequentemente registradas na região Tropical do Atlântico Sul são: *Euphausia americana* Hansen, 1911, *Euphausia tenera* Hansen, 1905, *Euphausia similis* G.O. Sars, 1885, *Stylocheiron carinatum* G.O. Sars, 1883 e *Stylocheiron suhmii* G.O. Sars, 1883.

### 2.3.6. Briozoários

Os briozoários do grego *bryon* = musgo e *zoon* = animal, são também conhecidos como ectoproctos, que vem também do grego *ecto* = externo e *procta* = ânus. Esses organismos formam grandes colônias sésseis de zooides, que vivem nos ambientes marinhos e de água doce. Os briozoários possuem larvas que vivem no plâncton, embora essas formas possuam curtos períodos nessa fase, denominada cifonauta (Fig. 3.5H). As larvas cifonautas são geralmente diminutas e possuem um corpo triangular e transparente, achatado e formado de quitina, e são as larvas da maioria das espécies que desovam livremente, as quais nadam por meio de um anel de cílios situados na borda “inferior” das conchas triangulares.

### 2.3.7. Quetognatos

Os quetognatos destacam-se por apresentar altas abundâncias e frequências dentro da comunidade zooplânctônica. O filo agrupa espécies distribuídas desde áreas costeiras e neríticas, até as regiões oceânicas, em águas superficiais até profundidades pertencentes à zona abissopelágica. São organismos exclusivamente marinhos, e a maior parte é constituinte do ambiente planctônico. Os quetognatos (Fig. 3.5I) apresentam o corpo transparente, cilíndrico e alongado com simetria bilateral, dividido em três regiões: a região cefálica ou cabeça, o corpo e a região caudal. Devido ao seu corpo transparente e com aspecto gelatinoso,

muitos autores classificam os mesmos também como plâncton gelatinoso. Esses organismos apresentam uma série de ganchos quitinosos localizados na região cefálica que levam o alimento a boca. São considerados predadores ativos, com um hábito alimentar comumente oportunista e estritamente carnívoros, e apesar de comer uma variedade de alimentos, demonstram preferência por Copepoda. Por esse motivo, os quetognatos apresentam uma enorme importância ecológica como elo trófico entre os níveis mais baixos e os mais elevados, contribuindo na transferência de biomassa e energia entre pequenos a grandes predadores, incluindo peixes de interesse comercial.

Quetognatos também demonstram alta afinidade por massas d'água específicas, o que os torna relevantes como indicadores hidrológicos regionais. Atualmente são conhecidas 209 espécies em todo o mundo e 26 em águas brasileiras. Contudo, dessas, apenas 11 são bem distribuídas e registradas com frequência no território brasileiro a exemplo de *Sagitta bipunctata* Quoy e Gaimard, 1827 (oceânica), *Flaccisagitta enflata* (Grassi, 1881) (nerítica e oceânica), *Parasagitta friderici* (Ritter-Záhony, 1911) (nerítica), *Sagitta helenae* Ritter-Záhony, 1911 (oceânica), *Flaccisagitta hexaptera* (d'Orbigny, 1843) (oceânica), *Ferosagitta hispida* (Conant, 1895) (nerítica), *Serratosagitta serratodentata* (Krohn, 1853) (nerítica e oceânica), *Parasagitta tenuis* (Conant, 1896) (nerítica), *Pterosagitta draco* (Krohn, 1853) (nerítica e oceânica) e *Krohnitta subtilis* (Grassi, 1881) (oceânica). *Serratosagitta serratodentata* e *Flaccisagitta enflata* são muito frequentes ocorrendo em mais de 70% das amostras provenientes de áreas neríticas e oceânicas.

### 2.3.8. Equinodermos

Os equinodermos atualmente apresentam cerca de 7.300 espécies conhecidas, e devido à morfologia do seu corpo na forma adulta, o nome apresenta a origem grega *echinos* = espinho; *derma* = pele. Esses organismos são conhecidos pela sua beleza

e incluem os lírios-do-mar, estrelas-do-mar, serpentes-do-mar, ouriços-do-mar, bolachas-da-praia e os pepinos-do-mar. Apesar de algumas espécies tolerarem água salobra, os equinodermos não desenvolveram mecanismos fisiológicos que lhes permitiram explorar habitats de água doce ou terrestres. Dessa forma, são oceânicos e podem ser registrados desde a superfície até regiões de mares profundos. Dentro da comunidade planctônica, estão representados pelas suas formas larvais, caracterizados pelas larvas ophiopluteus (Fig. 3.5J), echinopluteus, brachiolaria e bipinnaria, encontrados geralmente na região nerítica, próxima à borda da plataforma.

### 2.3.9. Cordados

Os cordados estão representados pelos tunicados, cefalocordados e vertebrados. Alguns desses subfilos são bem diferenciados do restante do filo, como os tunicados, que são exclusivamente marinhos e apresentam esse nome devido à presença de uma túnica que envolve as espécies do grupo. As classes Appendicularia e Thaliacea são representadas dentro da comunidade planctônica, e a outra classe é Ascidiacea, que contém muitos representantes bentônicos.

As apendiculárias são tunicados holoplanctônicos diminutos e a morfologia do mesmo se assemelha a de uma larva girinóide, dessa forma também são conhecidos pela comunidade científica como Larvacea. Uma característica importante do grupo, é que são os únicos tunicados que apresentam as características dos cordados ao longo de todo o ciclo de vida.

A morfologia do corpo é bem característica do grupo, facilitando sua identificação dentro do plâncton, sendo dividido em corpo e a cauda (Fig. 3.5K). Os Appendicularia vivem em uma espécie de "casa", que é um aparato filtrador, constituído de telas, filtros e matriz gelatinosa. Essa casa é extremamente importante ecologicamente, pois em várias espécies são

construídas mais de uma vez diariamente e são liberadas no oceano, constituindo como verdadeiras fontes de matéria orgânica para áreas mais profundas, denominadas de “neve marinha”. As Appendicularia mais comuns que ocorrem no Nordeste do Brasil são *Oikopleura fusiformis* Fol, 1872 (oceânica), *Oikopleura longicauda* (Vogt, 1854) (com ampla distribuição, ocorrendo em mais de 70% da área), *Oikopleura cophocerca* (Gegenbaur, 1855) (oceânica), *Oikopleura dioica* Fol, 1872 (nerítica), *Oikopleura rufescens* Fol, 1872 (nerítica) e *Fritillaria* spp. (oceânicas).

Os taliáceos apresentam organismos conhecidos popularmente por salpas, dólíolos e pirossomos. São organismos planctônicos, e devido a sua morfologia, também são representantes do plâncton gelatinoso. Muitos organismos podem viver em associação colonial e representam um dos maiores componentes de biomassa zooplânctônica. Esses organismos apresentam a morfologia do corpo saculiforme e contém dois sífões, um inalante e outro exalante. No Nordeste brasileiro podem ser destacadas as espécies *Thalia democratica* (Forskål, 1775), sendo muito frequente e *Doliolum* spp., principalmente na província oceânica. A classe Ascidiacea ocorre no plâncton no estágio larval, são registradas principalmente em áreas costeiras e o gênero *Ciona* é o mais comumente registrado.

Os cefalocordados são conhecidos vulgarmente por anfioxo, que significa pontiagudo nas duas extremidades, esses organismos são os que mais se assemelham aos vertebrados, e apresentam uma forma corporal muito similar à de um peixe. Apresentam um corpo fusiforme, achatado e alongado. Esses organismos são encontrados dentro da comunidade planctônica na sua fase larval, e podem permanecer dentro do ambiente pelágico marinho até 200 dias dependendo da espécie. No Nordeste brasileiro, o gênero *Branchiostoma* sp. é encontrado normalmente em áreas neríticas.

Os vertebrados apresentam uma enorme diversidade de formas taxonômicas. O ictioplâncton

é constituído pelos ovos e larvas de peixes (Fig. 3.5L). A maioria dos peixes marinhos liberam ovos planctônicos. Os ovos pelágicos apresentam, geralmente, tamanho reduzido. Todos os ovos pelágicos são transparentes e a sua forma é geralmente esférica. Alguns apresentam, no entanto, formas diversas (elipsoidal, ovoide etc.). Uma maior concentração de ovos e larvas de peixes são encontradas em áreas neríticas. No Nordeste do Brasil 58 famílias de peixes foram registradas em áreas neríticas e oceânicas, com destaque em dominância para as famílias: Scaridae, Labridae, Labrisomidae, Clupeidae e Myctophidae.

### 3. IMPACTOS AMBIENTAIS

As ecorregiões marinhas localizadas nas áreas costeiras, neríticas e oceânicas do Atlântico Tropical estão sob diversos impactos de ordem regional (pesca, poluição, eutrofização e introdução de espécies exóticas) e global (aquecimento global, mudanças climáticas, acidificação e etc.). Estes impactos comprometem diretamente a prestação de importantes serviços ecossistêmicos (turismo, pescas e estrutura tridimensional como sumidouros de carbono) fornecidos por estas ecorregiões gerando uma grande preocupação dos cientistas pelo fato destes impactos afetarem diretamente a abundância, biomassa e estrutura de tamanho da comunidade do zooplâncton.

Mais de 70% da Terra é coberta por água do oceano e somente nas últimas décadas começamos a entender como nós seres humanos impactamos esse habitat. A poluição marinha é diferente da poluição geral da água. Esta se concentra em produtos criados por seres humanos que acabam entrando no oceano. Antes de 1972, milhões de toneladas de metais pesados e contaminantes químicos, junto com lixo radioativo, foram propositalmente jogados no oceano. Em 1975, os Estados Unidos ratificou a Convenção de Londres. Este representou o primeiro acordo internacional

para definir melhor a proteção para o ambiente marinho e proibiu o descarte de materiais perigosos no mar. Em 2006 entrou em vigor o Protocolo de Londres, mais especificamente a proibição do descarte no mar de todos os resíduos e materiais.

Um dos principais problemas que afetam os ecossistemas costeiros, como estuários, é a eutrofização. Esse fenômeno ocorre quando nutrientes minerais e orgânicos em grandes quantidades são carregados para a água resultando em uma acelerada multiplicação de algas. Com a exaustão dos nutrientes e morte dessas algas surge grande proliferação de bactérias aeróbicas que consomem o oxigênio com conseqüente mortalidade de vários organismos. O excesso de nutrientes é causado em geral, pelo lançamento de esgotos nos rios e em áreas costeiras, mas também decorre de resíduos de empreendimentos diversos. O excesso de nutrientes lançados nos oceanos por diversas fontes pode também causar marés vermelhas, que ocorre pela proliferação excessiva de algumas espécies de algas (**ex:** Dinoflagelados), que possuem pigmento vermelho que dá essa cor à água. Esta cor pode variar dependendo do pigmento da alga em multiplicação acelerada. A maré vermelha pode levar a produção de toxinas que agem no sistema nervoso central comprometendo a vida de vários animais marinhos e conseqüentemente o ciclo da cadeia alimentar.

O derramamento de petróleo nas águas marinhas é denominado de maré negra. Esse tipo de acidente causa a morte de muitos organismos do zooplâncton, uma vez que o óleo impede a entrada de luz para o fitoplâncton realizar a fotossíntese, causando menor produção de oxigênio, bem como o recobrimento do corpo por petróleo impede o processo respiratório.

A longo prazo, o zooplâncton pode sofrer modificações, pois algumas substâncias do petróleo provocam mutações e distúrbios fisiológicos diversos.

A poluição térmica também é bastante prejudicial, reduzindo o oxigênio dissolvido, com conseqüente

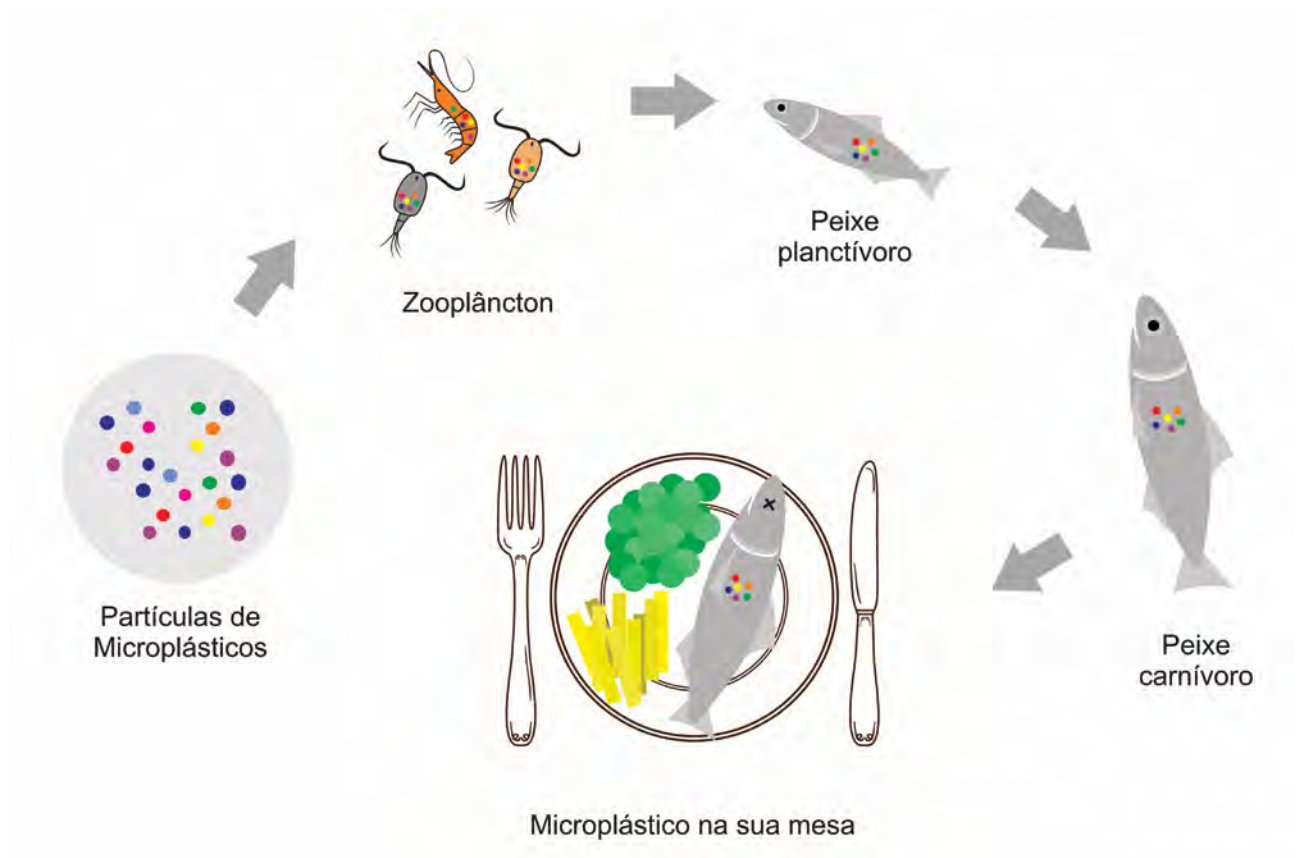
morte por asfixia. Muitas espécies do zooplâncton são termossensíveis, podendo desaparecer, causando impactos graves na cadeia trófica, além de impactar a atividade reprodutiva de certos organismos. São ainda lançadas no meio ambiente substâncias tóxicas (mercúrio, chumbo e cádmio, inseticidas diversos etc.) usadas na agricultura e na indústria, as quais ficam acumuladas nos organismos vivos.

A poluição plástica penetra no oceano principalmente através do escoamento superficial. Dados alarmantes mostram que a quantidade de plástico no Oceano Atlântico triplicou desde a década de 1960. A mancha de lixo flutuando no Oceano Pacífico, quase 620.000 milhas quadradas é uma imagem chocante do nosso problema com os poluentes plásticos. A cada ano, oito milhões de toneladas de resíduos plásticos chegam ao mar. Com o tempo, os pedaços maiores de plástico se decompõem em pedaços menores chamados microplásticos (< 5 mm), sendo esta fração disponível ao zooplâncton. O pesquisador Mathew Cole, do Laboratório Marinho de Plymouth, no oeste do Reino Unido, verificou que diferentes táxons do zooplâncton tais como: copépodos (crustáceo), larvas de caranguejo (crustáceo) e de ostras (molusco) ingerem partículas de plásticos. Poucas horas depois da ingestão o zooplâncton excreta o plástico ingerido, porém alguma parte do que foi comido pode ficar preso no intestino por até sete dias ou mesmo se fixa na parte externa do animal. Isso reduz o ritmo no qual esses organismos consomem o fitoplâncton, comprometendo sua reprodução e sobrevivência. Se outros organismos maiores a exemplo de peixes consomem esse zooplâncton, os compostos tóxicos presentes nos plásticos podem entrar na cadeia alimentar chegando a nossa mesa e comprometendo diretamente a saúde humana (Fig. 3.6).

O acelerado processo de aquecimento global é provavelmente a maior causa da queda em torno de 40%, da biomassa fitoplanctônica mundial, desde 1950. O plâncton tropical e subtropical está sendo

deslocado para latitudes mais altas, substituindo populações de águas mais frias, e logo, alterando a estrutura da cadeia alimentar pelágica. Já existem indícios de “desertificação” de grandes áreas oceânicas pela redução da clorofila, aumentando as áreas oligotróficas. Este processo causa maior intensidade na termoclina pela elevação da temperatura superficial, reduzindo a taxa de fertilização superficial pelo aporte de nutrientes provenientes de águas mais profundas. O impacto do aquecimento global nos oceanos ocorre também indiretamente através do aumento das chuvas e descargas continentais, causando aumento das taxas de nutrientes e de produtividade planctônica nas áreas costeiras. A acidificação dos oceanos pelo excesso de  $\text{CO}_2$  resultante das mudanças climáticas também prejudica o plâncton, inibindo a calcificação de grande parte dos organismos que têm carapaças, levando a grandes mudanças na teia trófica.

A introdução de espécies exóticas em comunidades naturais nas quais elas não existiam é, geralmente, mediada pela atividade humana e pode afetar tanto a biodiversidade (por meio da perda de diversidade biológica, sendo considerados “poluentes biológicos”), quanto às atividades econômicas, prejudicando a pesca, causando riscos sanitários, e gastos diversos com manutenção de estruturas prejudicadas. Embora haja tendência de aumentar os casos de bioinvasão no ambiente marinho, não é possível concluir se realmente o problema agravou ou se é consequência do maior número de pesquisas e divulgação. Os dados disponíveis para o Brasil são poucos e restritos a algumas regiões e/ou espécies. A despeito dessas limitações, informações importantes vêm sendo obtidas sobre o impacto de espécies exóticas para o zooplâncton.



**Figura 3.6** Fases da contaminação por microplásticos nos diferentes níveis tróficos.

## 4. COMO ESTUDAR O ZOOPLÂNCTON MARINHO?

Esta etapa do estudo da comunidade zooplânctônica é muito importante, pois engloba a definição dos métodos de estudo e coleta no campo. Porém, é importante que antes tenhamos definida a área de estudo, a fração de tamanho do zooplâncton alvo, quais as perguntas que se quer responder e os objetivos propostos, ou seja, antes de se pensar no amostrador é importante que se tenha um desenho amostral já estabelecido.

A captura de organismos planctônicos em ambientes aquáticos pode ocorrer através de vários métodos de amostragens, muitos recentemente desenvolvidos para coleta em diferentes ambientes como estuários, ambientes recifais e região oceânica. Serão apresentados os mais frequentemente utilizados, a exemplo de garrafas, filtragem por redes, armadilhas e sistemas ópticos.

**Garrafas** = utilizadas principalmente para coletar a fração menor dos organismos planctônicos e de pouca motilidade (Picoplâncton, Nanoplâncton e Microplâncton). As garrafas mais utilizadas para coleta, tanto em superfície como em profundidade são a de Niskin (Fig. 3.7A) e van Dorn. Estas são descidas abertas até a profundidade desejada e depois fechadas através de um mecanismo denominado mensageiro.

**Redes coletoras** = as redes são os amostradores mais utilizados para captura do micro, meso e macrozooplâncton, variando em forma e tamanho. As redes coletoras desde as mais simples (Fig. 7B) até as mais sofisticadas foram desenvolvidas baseadas no princípio de filtração da coluna de água, seguindo três características básicas:

> **Abertura ou boca** = local por onde entra água durante o trajeto feito, delimitada por um aro que dá a forma a rede podendo ser circular, quadrado, retangular ou pentagonal. A definição da abertura da boca da rede está muito relacionada à área de

amostragem. Para ambientes reconhecidamente de elevada produtividade, abundância e biomassa zooplânctônica é indicado que o tamanho da boca da rede seja menor (30 cm) comparada a regiões mais oligotróficas como por exemplo os ambientes oceânicos (60 cm). Este maior tamanho de boca em áreas oligotróficas deve-se ao fato de aumentar as chances de captura dos organismos.

> **Corpo** = é considerado o principal item da rede, composto de uma malha filtrante. Os tamanhos de malhas mais comuns no estudo do zooplâncton são: 64  $\mu\text{m}$ , 120  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$ , 300  $\mu\text{m}$  e 500  $\mu\text{m}$ . No último século pesquisas sobre o zooplâncton tem se concentrado nas maiores frações de tamanho, o que justifica a utilização histórica de redes de 300  $\mu\text{m}$  e 500  $\mu\text{m}$ . No entanto as frações menores como a da malha de 64  $\mu\text{m}$  ainda são bastante negligenciadas nos estudos do Atlântico Tropical. É importante também destacar que o comprimento do corpo da rede varia em função da área investigada. Amostragens realizadas em regiões estuarinas, por exemplo, o comprimento do corpo da rede é menor comparado ao comprimento em regiões oceânicas.

> **Coletor** = o copo coletor fica localizado no extremo posterior, preso a rede por uma abraçadeira. Assim como o tamanho da boca e comprimento da rede o tamanho do copo coletor vai estar relacionado a região investigada. Em geral, nas regiões costeiras os copos coletores são de tamanhos menor, enquanto em regiões neríticas e oceânicas os copos têm seu tamanho maior.

**Armadilhas** = O uso de armadilhas é muito comum no estudo qualitativo e quantitativo do zooplâncton do ambiente recifal. As armadilhas capturam de forma mais eficiente os organismos do meso e macrozooplâncton. Estas são mais indicadas para coletas pontuais e em diferentes estratos. Recomenda-se também o uso das armadilhas em ambientes calmos com poucas correntes.

As armadilhas são um tipo de garrafa que possui uma boca larga. Para operar o equipamento é necessário baixá-la com ambas as extremidades abertas até a profundidade desejada, onde serão fechadas através do mensageiro ou pela interrupção do movimento. Existem armadilhas equipadas com chamarizes luminosos, sendo destinadas a coletas de organismos ágeis como larvas de peixes e invertebrados (Fig. 3.7C). Normalmente, esse tipo de armadilha luminosa é utilizado em áreas rasas e em ambientes recifais.

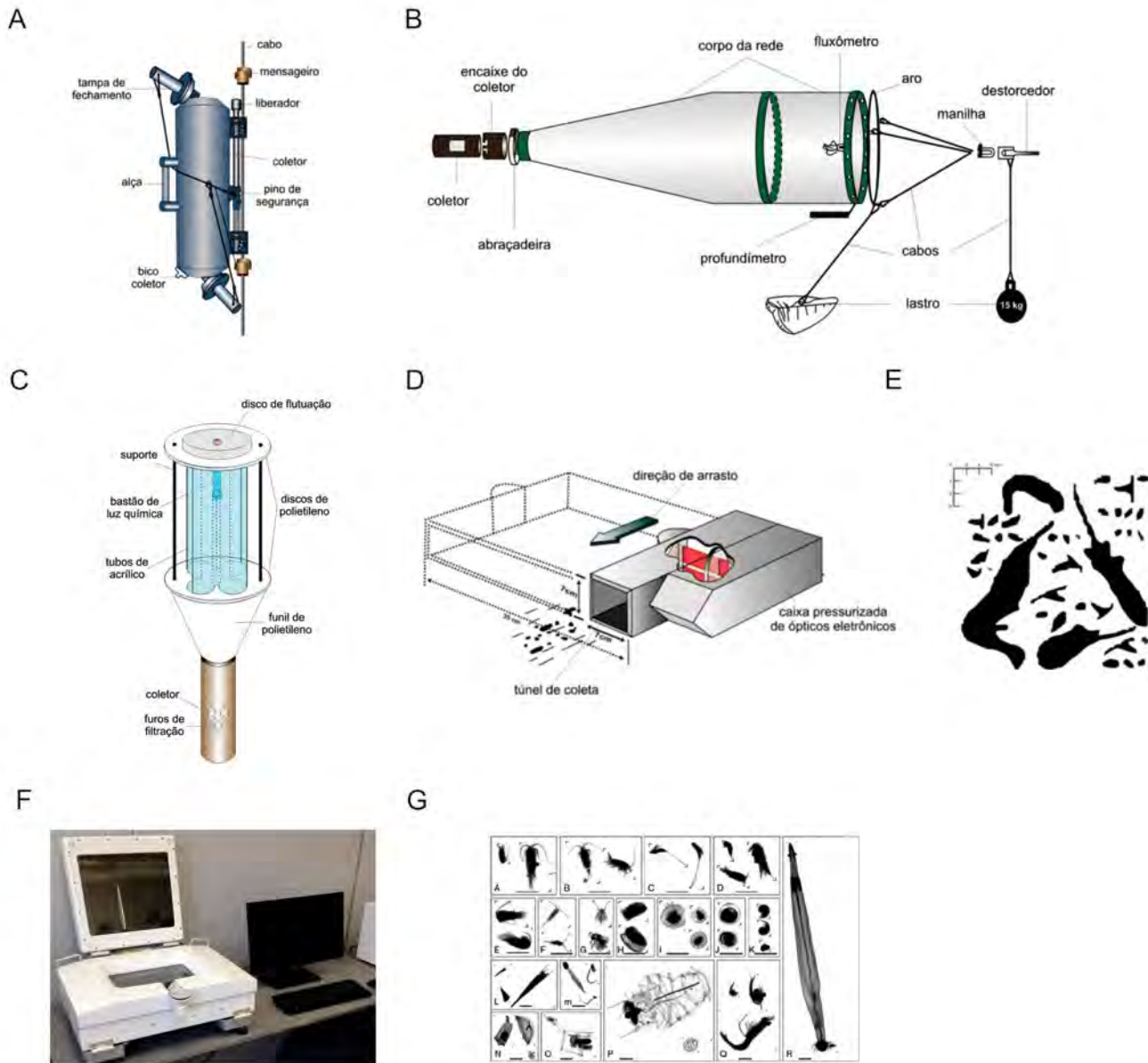
**Sistemas ópticos** = Câmeras de vídeo submersíveis e contadores de partículas ópticas permitem melhores estimativas da distribuição zooplânctônica, no entanto isto é possível à custa de perdas de resolução taxonômica. Seja qual for o equipamento utilizado, a faixa de tamanho e a relação inversa entre tamanho e abundância do organismo, impõem severas restrições ao seu estudo. No início dos anos 90 surgiram métodos modernos de interrupção de luz a exemplo do contador óptico de plâncton conhecido em inglês como *Laser Optical Plankton Counter* (LOPC) (Fig. 3.7D). Este equipamento permite a quantificação *in situ* dos organismos planctônicos através de suas imagens (Fig. 3.7E), produzindo instantaneamente informações sobre a abundância e o tamanho desses organismos ao longo do tempo e profundidade, nos quais são realizadas as amostragens.

Métodos convencionais (microscopia) e semiautomáticos (Zooscan) são frequentemente utilizados para o estudo da comunidade zooplânctônica. O Zooscan é um equipamento frequentemente utilizado em estudos de análise de imagem (Fig. 3.7F). Este equipamento permite a análise de amostras já coletadas e fixadas. O Zooscan é uma ferramenta única que, em conjunto com diversos softwares, permite a digitalização e processamento de amostras do zooplâncton, para detectar, enumerar, medir e classificar os objetos digitalizados (Fig. 3.7G). Os resultados são gerados muito mais rapidamente, quando comparados ao

método de classificação manual para compreensão da estrutura de tamanho do zooplâncton. Os principais descritores ecológicos gerados a partir da análise com o Zooscan são abundância, biovolume, biomassa e espectros de tamanhos do zooplâncton e partículas. Estes podem ser aplicados como indicadores de ecossistemas produtivos e perturbados, tornando-os estimadores úteis no manejo dos recursos marinhos e dulcícolas.

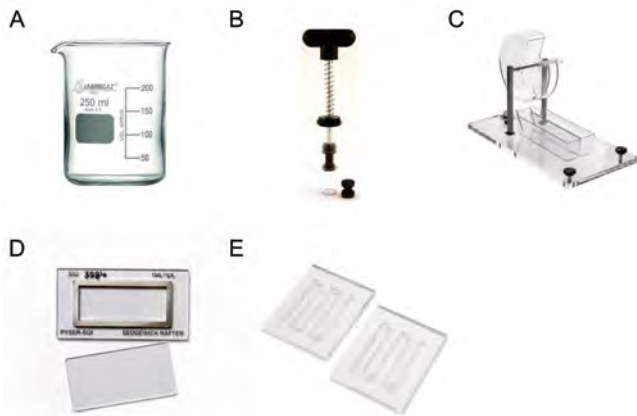
Os principais métodos utilizados na preparação das amostras do zooplâncton são diluição e quarteamento (utilizando fracionador do tipo Motoda). No procedimento por diluição cada amostra é transferida para um béquer de vidro (Fig. 3.8A) e diluída para um volume que varia de acordo com a concentração da amostra.

Em seguida, ela é homogeneizada e retirada uma subamostra, que é de 1 ml (microzooplâncton) ou 8 ml (meso e macrozooplâncton) auxiliada por pipeta tipo Stempel (Fig. 3.8B). A metodologia por quarteamento é utilizada em amostras muito concentradas (Fig. 3.8C). Se o objeto de estudo for a comunidade do microzooplâncton a fração definida do quarteamento é analisada em lâmina tipo Sedgewick-Rafter (Fig. 3.8D) e inspecionada sob microscópio composto. Porém, se o interesse do estudo for nas comunidades do meso e macrozooplâncton a fração definida no quarteamento é analisada em placa Bolgorov (Fig. 3.8E) e inspecionada sob microscópio estereoscópico. A amostra é visualizada como pode ser observado na figura 3.9.

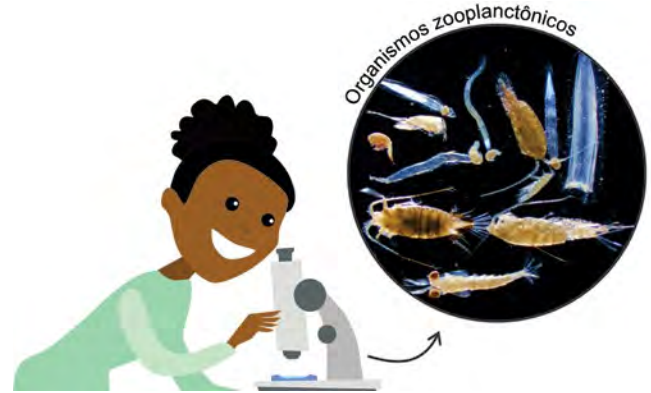


**Figura 3.7** **A)** Garrafa de Niskin; **B)** Rede coletora de plâncton; **C)** Armadilha luminosa. **Adaptado** de Floyd et al. (1992); **D)** Contador óptico de plâncton a laser (LOPC); **E)** Perfis de uma variedade de formas e tamanhos de eupausídeos e cópépodos obtidos com o LOPC **Fonte** Herman et al. (2004); **F)** Equipamento de análise de imagem Zooscan **Fonte** Gorsky et al. (2010). As figuras: A, B, C, D e E foram obtidas de Calazans et al. (2011).





**Figura 3.8** Equipamentos laboratoriais para análise do plâncton: **A)** Béquero de vidro; **B)** Pipeta tipo Stempel; **C)** Fracionador Motoda; **D)** Lâmina tipo Sedgewick-Rafter; **E)** Placa tipo Bolgorov.



**Figura 3.9** Amostra de zooplâncton vista sob microscópio estereoscópico.

## 5. PERSPECTIVAS FUTURAS

Séries temporais de longo prazo de estudo do zooplâncton são inexistentes no Brasil, principalmente devido a problemas logísticos. As pesquisas desenvolvidas são regionais e com grandes discontinuidades. A base de dados da NOAA para o mundo todo (*National Oceanic & Atmospheric Administration*) (*Coastal & Oceanic Plankton Ecology, Production & Observation Database - COPEPOD*) evidencia a grande lacuna existente para o Atlântico Sul, quando se compara ao Atlântico Norte ([www.st.nmfs.noaa.gov/plankton](http://www.st.nmfs.noaa.gov/plankton)).

Os programas de cooperação brasileiros sobre o plâncton têm limitações espaciais e temporais. Faltam programas que sintetizem informações sobre dados do zooplâncton obtidos até hoje, não sendo possível, avaliar os efeitos de impactos ambientais, principalmente do aquecimento global sobre o zooplâncton do Atlântico sul. Somente grandes projetos de monitoramento contínuo e de longo prazo da comunidade planctônica do Atlântico sul poderá fornecer um panorama geral da estrutura, função e condições ambientais.

## REFERÊNCIAS

- BOLTOVSKOY, D. (Ed). **South Atlantic Zooplankton**. Leiden: Backhuys Publishers, 2v. 1999. 1706 p.
- BOLTOVSKOY, D. ed. **Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino**. Mar del Plata: INIDEP, 1981. 936p.
- BONECKER, S. L. C. **Atlas de zooplâncton da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira**. Museu Nacional, 2006. ISBN 8574270164.
- BORK, P.; BOWLER, C.; DE VARGAS, C.; GORSKY, G.; KARSENTI, E.; WINCKER, P. **Tara Oceans studies plankton at planetary scale**. *Science*, v. 348, 2015. 873 p.
- BOXSHALL, G. A.; HALSEY, S. H. **An introduction to copepod diversity**. Ray Society, 2004. ISBN 0903874318.
- CALAZANS, D.; MUELBERT, J.; MUXAGATA, E. Organismos planctônicos. In: DE CALAZANS, D. K. (org.). **Estudos Oceanográficos: Do instrumental ao prático**. Pelotas: Editora Textos. p. 200-275, 2011.
- CAMPELO, R. P. S.; DIAZ, X. F. G.; SANTOS, G.; MELO, P. A. M. C.; MELO JUNIOR, M.; FIGUEIREDO, L. G. P.; SILVA, A.P.; BEZERRA, L.E.A.; MONTES, M.J.F.; NEUMANN-LEITÃO, S. **Small-scale distribution of the mesozooplankton in a tropical insular system**. *Brazilian Journal of Oceanography*, 66, p. 15-29, 2018.

CAMPELO, R. P. S.; LIRA, S. M. A.; LIMA, C. D. M.; SILVA, K. H. F.; DIAZ, X. F. G.; MELO JÚNIOR, M.; BRANDAO, M. C.; BEZERRA, L. E.; SCHWAMBORN, R.; NEUMANN-LEITAO, S. **Biomassa sestônica e abundância do zooplâncton e zooneuston (com ênfase em Copépodes e Eufauseáceos) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atlântico Equatorial.** In: Jorge Eduardo Lins Oliveira; Danielle de Lima Viana; Marco Antônio Carvalho de Souza. (Org.). Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 20 anos de pesquisa. 1ed. Recife: Via Design Publicações, v. 1, p. 32-47, 2018.

CAMPOS, C. C.; GARCIA, T. M.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SOARES, M. O. **Ecological indicators and functional groups of copepod assemblages.** Ecological Indicator, 83, p. 416-426, 2017.

CHEN, A. **Here's how much plastic enters the ocean each year.** Disponível em: < <https://www.sciencemag.org/news/2015/02/here-s-how-much-plastic-enters-ocean-each-year>>. Acesso em 24 de junho de 2019.

EKAU, W.; KNOPPERS, B. **An introduction to the pelagic system of the North-East and East Brazilian shelf.** Archives of Fisheries and Marine Research, Jena, v. 47, n. 2-3, p. 113-132, 1999.

FRASER, J. **Nature adrift: the story of marine plankton.** London: G. T. Foulis, 1962.

GALVÃO, I. B. **O nanoplâncton e o microplâncton da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (REVIZEE – NEII).** 2000, 160 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Oceanografia. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Nordeste do Brasil, Recife, 2000.

GORSKY, G.; OHMAN, M. D.; PICHERAL, M.; GASPARINI, S.; STEMMANN, L.; ROMAGNAN, J. B.; CAWOOD, A.; PESANT, S.; GARCÍA-COMAS, C.; PREJGER, F. **Digital zooplankton image analysis using the ZooScan integrated system.** Journal of Plankton Research, 32(3), p. 285-303, 2010.

GROSS, M. G.; GROSS, E. **Oceanography, a view of earth.** New Jersey: Prentice Hall. 1996. 472 p.

GUSMÃO, L. M. O. **Comunidade zooplanctônica nas províncias nerítica e oceânica do Estado de Nordeste do Brasil - Brasil** (Latitude 7o32,98' a 8o41,51'S – Longitude 34o04,47' a 35o01,51'W). 2000, 109 f. Tese (Doutorado). Departamento de Oceanografia. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Nordeste do Brasil, Recife, 2000.

HERMAN, A.W.; BEANLANDS, B.; PHILLIPS, E.F. **The next generation of Optical Plankton Counter: the laser-OPC.** Journal of Plankton Research, Oxford, v. 26, n. 10, p. 1135-1145, 2004.

KIØRBOE, T. **How zooplankton feed: mechanisms, traits and trade-offs.** Biological Reviews, 86(2), p. 311-339, 2011.

LEVINTON, J. S. **Marine Biology: function, biodiversity, ecology.** Oxford: Oxford University Press, 1995.420 p.

LONGHURST, A. R.; PAULY, D. (Eds) **Ecology of Tropical Oceans.** San Diego: Academic Press, Inc., 1987. 407 p.

MELO, P. A. M. C. ; COSTA, A. E. S. F. ; CORREIA, E. P. ; FIGUEIREDO, L. G. P.; SILVA, A. P.; DIAZ, X. F. G.; MELO JÚNIOR, M.; NEUMANN-LEITAO, S. **Micro - e mesozooplâncton do ASPSP: Diversidade, distribuição vertical e influência da termoclina e fotoperíodo.** In: Jorge Eduardo Lins Oliveira; Danielle de Lima Viana; Marco Antônio Carvalho de Souza. (Org.). Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 20 anos de pesquisa. 1ed. Recife: Via Design Publicações, v. 1, p. 16-31, 2018.

NASCIMENTO-VIEIRA, D. A. **Macrozooplâncton recifal da Baía de Tamandaré, Nordeste do Brasil (Brasil).** 2000, 107 f. Tese (Doutorado). Departamento de Oceanografia. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Nordeste do Brasil, Recife, 2000.

NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. O.; NOGUEIRA-PARANHOS, J. D.; NASCIMENTO-VIEIRA, D. A.; PARANAGUÁ, M.N. **Zooplâncton da plataforma norte de Nordeste do Brasil (Brasil).** Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco Recife, v. 22, p.97-116, 1993.

NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. O.; SILVA, T. A. NASCIMENTO-VIEIRA, D. A.; SILVA, A. P. **Mesozooplankton biomass and diversity in coastal and oceanic waters off North-Eastern Brazil.** Archives of Fisheries and Marine Research, Jena, v. 47, n. 23, p.153-165, 1999.

NEUMANN-LEITÃO, S. ; CUNHA, A. G. ; SILVA, A. P. ; LIMA, B. F. R. ; LIMA, C. D. M. ; VIEIRA, D. A. N. ; CORREIA, E. P. ; PORTO-NETO, F. F. ; OLIVEIRA, G. C. ; SANTOS, G. S. ; TEIXEIRA, I. A. ; FIGUEIREDO, L. G. P. ; GUSMÃO, L. M. O. ; MELO-JUNIOR, M. ; MELO, P. A. M. C. ; SCHWAMBORN, R. ; CAMPELO, R. P. S. ; JORGE FILHO, S. ; LIRA, S.M.A.; SILVA, T. A. E.; FIDELIS, V. T. P.; DIAZ, X. F. G. Zooplâncton. In: ARAÚJO, T. C.M. DE; MALLMANN, D. L. B. (Org.). **Guia Biológico do Litoral de Pernambuco.** Recife: GL. Editora Gráfica. p. 52-69, 2015.

NEUMANN-LEITAO, S.; SCHWAMBORN, R.; DIAZ, X.F.G.; MELO JUNIOR, M. (Eds.). **Biodiversidade Marinha da Bacia Potiguar/RN Zooplâncton.** Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2017.

NEUMANN-LEITAO, S.; MELO, P. A. M. C. ; SCHWAMBORN, R.; DIAZ, X. F. G.; FIGUEIREDO, L. G. P. ; SILVA, A. P. ; CAMPELO, R.

P. S. ; MELO JÚNIOR, M. ; MELO, N. F. A. C. ; COSTA, A. E. S. F. ; ARAUJO, M.; VELEDA, D. R. A. ; MOURA, R. L.; THOMPSON, F. **Zooplankton From a Reef System Under the Influence of the Amazon River Plume.** *Frontiers in Microbiology*, v. 9, p. 1-15, 2018.

NEUMANN LEITÃO, S.; MELO JUNIOR, M.; PORTO NETO, F. F.; SILVA, A. P. ; DIAZ, X. F. G. ; SILVA, T. A.; NASCIMENTO VIEIRA, D. A.; FIGUEIREDO, L. G. P. ; COSTA, A. E. S. F.; SANTANA, J. R.; CAMPELO, R. P. S.; MELO, P. A. M. C.; PESSOA, V. T.; LIRA, S. M. A.; SCHWAMBORN, R. **Connectivity Between Coastal and Oceanic Zooplankton From Rio Grande do Norte in the Tropical Western Atlantic.** *Frontiers in Marine Science*, v. 6, p. 1-19, 2019.

NOGUEIRA-PARANHOS, J. D. **Taxonomia e ecologia dos Tintinnina em um trecho da plataforma continental de Nordeste do Brasil (Brasil).** 1990, 149 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Oceanografia. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Nordeste do Brasil, Recife, 1990.

PARANAGUÁ, M.N.; NASCIMENTO-VIEIRA, D.A.; GUSMÃO, L.M.O.; NEUMANN-LEITÃO,S.; SCHWAMBORN, R. **Estrutura da comunidade zooplanctônica.** In: E. Eskinazi-Leça; S. Neumann-Leitão; M. Ferreira Costa (Org.). *Oceanografia: um cenário tropical*. 1ed. Recife: Bagaço, p. 441- 458, 2004.

PÉRÈS, J. M. **Précis d’Oceanographie Biologique.** Paris: presses Universitaires de France, 1976. 246 p.

PORTO NETO, F. F.; NEUMANN-LEITÃO, S.; NASCIMENTO-VIEIRA, D. A.; SILVA, A. P.; SILVA, T. A.; MOURA, M. C. O. **Zooplâncton recifal de Tamandaré-PE (Brasil) e a influência dos manguezais na sua biodiversidade e biomassa.** In: MANGROVE 2000, SUSTENTABILIDADE DE ESTUÁRIOS E MANGUEZAIS: DESAFIOS E PERSPECTIVAS. Recife: Editora Universitária, 2000. CD-ROM.

RIVERO, I. H. **The use of AARS activity as a proxy for zooplankton and ichthyoplankton growth rates.** 2014. Doctoral dissertation – Departamento de Biología, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España, 2014. 252 p.

SCHWAMBORN, R.; EKAU, W.; SILVA, A. P.; SILVA, T. A.; SAINT-PAUL, U. **The contribution of estuarine decapod larvae to marine zooplankton communities in North-East Brazil.** *Archive of Fishery and Marine Research*, v. 47, n. 2/3, p. 167-182, 1999.

SCHWAMBORN, S. H. A. L; DIAZ, X. F. G.; NEUMANN-LEITAO, S. **Biodiversidade Marinha da Bacia Potiguar/RN: Cordados Planctônicos, Protocordados e Ictioplâncton.** Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2017.

VIITASALO M. et al. **Environmental Impacts—Marine Ecosystems.** In: The BACC II Author Team (eds) *Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Regional Climate Studies.* Springer, Cham. 2015.

WIAFE, G.; FRID, C. L. J. **Short-term temporal variation in coastal zooplankton communities: the relative importance of physical and biological mechanisms.** *Journal of Plankton Research*, v. 18, n. 8, p. 1485-1501, 1996.

# MACROALGAS MARINHAS: BIOLOGIA, ECOLOGIA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

4

Eliane MARINHO-SORIANO<sup>1</sup>  
Marcella A. Amaral CARNEIRO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN



## 1. INTRODUÇÃO

As macroalgas marinhas compreendem um grupo muito diverso de organismos aquáticos fotossintetizantes e constituem um dos mais importantes recursos naturais marinhos. Estes organismos apresentam ampla distribuição geográfica, colonizando diversos habitats em todos os mares do planeta. Elas pertencem a três grupos principais com base na sua pigmentação dominante: verde (Chlorophyta), marrom (Ochrophyta) e vermelho (Rhodophyta). Como organismos fotossintetizantes, as macroalgas contêm vários pigmentos acessórios que são responsáveis pela diversidade de cores observadas. Juntos, esses pigmentos permitem a absorção da luz necessária para a fotossíntese nas diferentes profundidades onde se encontram. Eles podem ser divididos em três grupos principais, os quais incluem clorofilas, ficobiliproteínas e carotenoides (Lünning, 1990).

Na zona litorânea, as macroalgas não se encontram distribuídas de forma homogênea. A distribuição dos organismos ao longo desse gradiente vertical em uma sequência espacial específica é conhecida como zonação litoral (Chappuis et al., 2014). Nessa região, esses organismos se distribuem em faixas de acordo com suas adaptações aos fatores abióticos e bióticos. Os principais fatores ambientais

responsáveis pela repartição das macroalgas são: temperatura, luz, salinidade, substrato e disponibilidade de nutrientes.

As macroalgas são consideradas componentes biologicamente e ecologicamente importantes nos ecossistemas marinhos (Williams & Smith, 2007). Elas contribuem consideravelmente para a produção primária, além de servir como abrigo, local de desova, berçário e alimento para inúmeros organismos marinhos. Elas fornecem também diversos habitats que variam de pequenos aglomerados de algas de deriva às comunidades tridimensionais, como as algas gigantes (kelps). Essas comunidades podem hospedar uma grande variedade de organismos (invertebrados e vertebrados), desde suas fases larvais até animais adultos (Christie et al., 2009). Essa infinidade de funções ecológicas exemplifica sua versatilidade e importância nos ecossistemas marinhos. Além disso, os bancos de macroalgas são muito produtivos e fornecem valiosos serviços para o homem. Embora as macroalgas sejam valoradas somente por sua aplicabilidade econômica, elas fornecem diversos serviços ecossistêmicos, como por exemplo, produção de oxigênio, biomitigação de nutrientes, sequestro de CO<sub>2</sub>, redução da acidificação dos oceanos, entre outros (Smale et al., 2016).

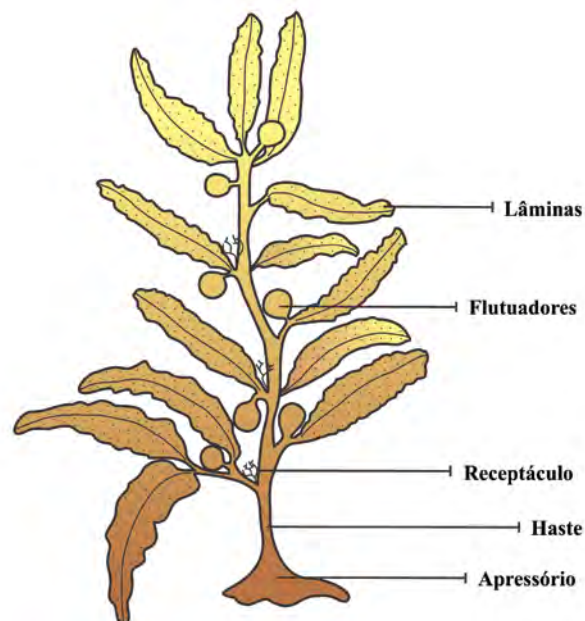
As macroalgas marinhas têm grande potencial para contribuir com diversas soluções para um mundo mais sustentável. Elas desempenharam e continuam a exercer um papel importante na história do uso dos recursos costeiros pelo homem e no funcionamento dos ecossistemas marinhos. Além de fornecer habitats que ajudam a sustentar o ecossistema marinho e a biodiversidade, elas são vistas como importante matéria prima para a produção de alimento, ração, fertilizantes, medicamentos, dentre outras aplicações como a produção de bioenergia (Delaney et al., 2016). Considerando a demanda crescente por produtos algais e a grande pressão sobre o ecossistema marinho, se faz necessário encontrar o equilíbrio entre o valor das funções e serviços ecossistêmicos e o valor das macroalgas como recurso econômico. Dentro dessa ótica, as atividades relacionadas a comercialização das algas (extrativismo / cultivo) deverá seguir um caminho responsável de sustentabilidade e, dessa forma, desempenhar um papel significativo na segurança alimentar, na mitigação das mudanças climáticas, no suporte ao ecossistema marinho, assim como, contribuir para a criação de emprego e crescimento econômico.

## 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS MACROALGAS

### 2.1. Morfologia e classificação

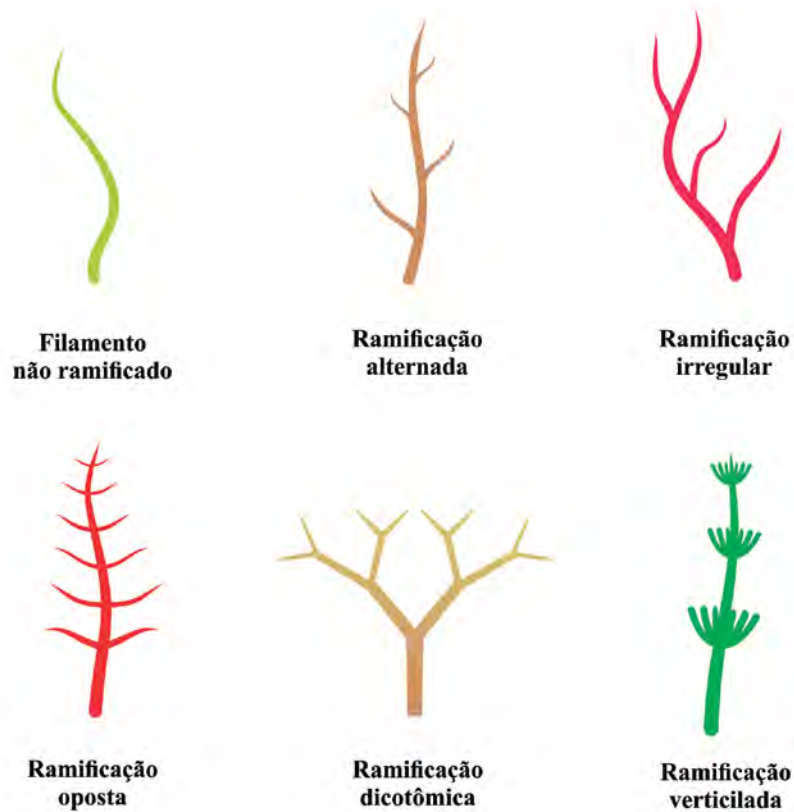
As macroalgas fazem parte de um grupo bastante diverso de organismos fotossintetizantes encontrado em todas as áreas costeiras do mundo, em todas as zonas climáticas, dos trópicos às regiões polares. As macroalgas apresentam uma grande variedade de formas e tamanhos, variando de alguns centímetros até vários metros de comprimento, como as algas marrons gigantes (kelps) encontradas em águas frias (Marinho-Soriano et al., 2008). Elas podem ter formas simples de incrustações, filamentos, lâminas, cilíndricas ou ramos. O talo de alguns representantes apresentam

estruturas parecidas com as plantas terrestres, no entanto, essa semelhança é apenas aparente, pois não apresentam sistema vascular para condução de nutrientes, raízes, caules, folhas ou flores (Lee, 2018). As algas mais complexas apresentam apressório de fixação, flutuadores, haste e lâminas. Um exemplo desse tipo de morfologia é a macroalga pertencente ao gênero *Sargassum* (Fig. 4.1). As macroalgas apresentam uma grande variedade morfológica, algumas são eretas, outras decumbentes, incrustantes, crostosas ou prostradas. A forma de ramificação é responsável pelo aspecto geral da espécie. Os principais tipos de ramificações são: alternado, oposto, dicotômico e verticilado (Fig. 4.2).



**Figura 4.1** Aspectos da morfologia da macroalga *Sargassum*.

Como já mencionado, em geral, as macroalgas são divididas em três grandes grupos ou divisões com base em sua pigmentação: verde (Chlorophyta), marrom (Ochrophyta) e vermelho (Rhodophyta). As algas vermelhas são mais diversificadas, com cerca de 7.000 espécies, seguidas pelas algas marrons e verdes com 2.030 e 600 espécies marinhas, respectivamente (Baweja et al., 2016). As algas contêm diversos

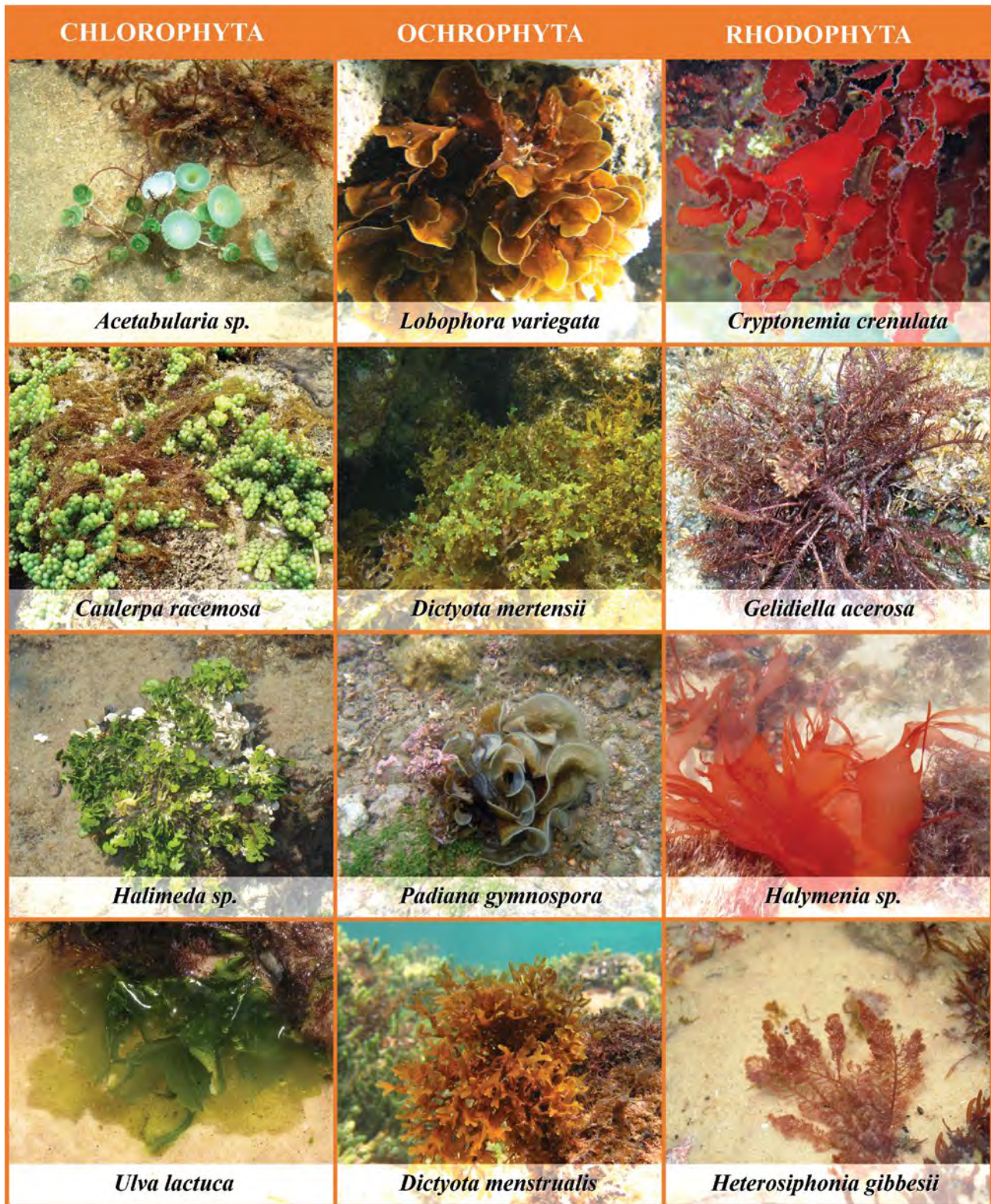


**Figura 4.2** Principais tipos de ramificações nas macroalgas: não-ramificado, alternado, irregular, oposto, dicotômico e verticilado. **Adaptado** de Lauret et al. (2011).

pigmentos que absorvem luz para a fotossíntese e que são responsáveis por essa variedade de cores observada em cada grupo (Fig. 4.3). Três principais classes de pigmentos fotossintéticos são encontradas nas algas: clorofilas, carotenoides (caroteno e xantofila) e ficobiliproteínas (ficoeritrina, ficocianina, aloficocianina). A concentração de cada pigmento na alga é uma adaptação às condições ambientais, necessária para a realização da fotossíntese nas diferentes profundidades onde se encontram (Dumay & Morançais, 2016).

Os pigmentos acessórios (**ex:** carotenoides e ficobiliproteínas) aumentam a amplitude da faixa do espectro luminoso que pode ser utilizado, absorvendo a luz em comprimentos de onda complementares à absorbância da clorofila (Chl *a*) (Falkowski & Raven, 2013). Os principais pigmentos

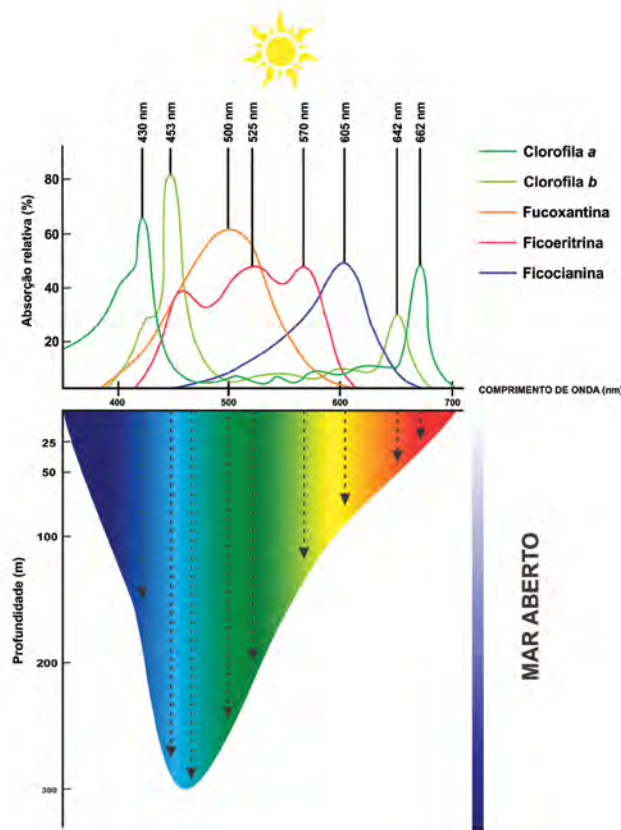
acessórios também incluem outros tipos de clorofilas: Chl *b*, presente nas algas verdes, Chl *c*, nas algas marrons e Chl *d*, em algumas espécies de algas vermelhas (Gantt & Cunningham, 2001). A região do espectro de luz solar disponível para absorção pelos organismos fotossintetizantes corresponde a faixa entre os comprimentos de onda de 400 e 700 nanômetros. Esta parte do espectro é denominada de PAR (*Photosynthetically Active Radiation*). Entretanto, nem todos os comprimentos de onda desse intervalo são igualmente utilizados pelas algas. A intensidade e o tipo de radiação mudam com a profundidade. Nos primeiros 10 metros de profundidade, a água absorve mais de 50% de energia visível. Os comprimentos de onda mais curtos (azul e verde) penetram mais profundo, enquanto os mais longos (vermelho) são absorvidos próximos da superfície (Fong & Paul, 2011) (Fig. 4.4).



**Figura 4.3** Representantes dos três grandes grupos de macroalgas marinhas – Chlorophyta (verdes), Ochrophyta (marrons) e Rhodophyta (vermelhas).



Além da classificação taxonômica, as macroalgas também têm sido categorizadas em diferentes grupos morfofuncionais, baseados em suas características morfológicas, ecológicas e fisiológicas. Essa abordagem considera atributos-chaves, tais como, forma, tamanho, resistência ambiental, habilidade fotossintética, crescimento e resistência à herbivoria. Esse tipo de classificação ajuda a compreender a distribuição das macroalgas em relação às condições ambientais e tem sido muito utilizada para caracterizar as comunidades algais das áreas recifais (Diaz-Pulido & McCook, 2008). De acordo com o modelo funcional as algas têm sido agrupadas em foliáceas, filamentosas, ramificadas, coriáceas e crostosas (algas calcárias articuladas e incrustantes) (Littler & Littler, 2000) (Tab. 4.1).






**Figura 4.4** Profundidade de penetração dos diferentes comprimentos de onda e os picos de absorção dos pigmentos fotossintéticos presentes nas macroalgas. **Adaptado** de Domingos et al. (2017) e Crocel e van Amerongen (2014).

## 2.2. Histórico de vida e reprodução

Em relação à reprodução, as algas multicelulares apresentam reprodução assexuada e sexuada. A reprodução assexuada pode ocorrer por fragmentação do talo ou por esporos. A reprodução por fragmentação ocorre quando uma parte do talo se fragmenta dando origem a um novo indivíduo. Todos os descendentes resultantes desse tipo de reprodução assexuada são clones. Eles são geneticamente idênticos uns aos outros, assim como a alga que lhes deu origem. No processo reprodutivo por esporos, há a formação de células especializadas (esporos), que ao serem liberados na natureza têm a capacidade de se desenvolver em um novo indivíduo. Os esporos são produzidos em estruturas especializadas, denominadas esporângios. Quanto a mobilidade, podem ser móveis (zoósporos) e imóveis (aplanósporos). Os zoósporos podem variar de forma, tamanho e número de flagelos, enquanto os imóveis não apresentam flagelos e são dispersos passivamente na água (Yoneshigue-Valentin et al., 2006).

A reprodução sexuada envolve a combinação do material nuclear de dois organismos de mesma espécie. Na fase final da reprodução sexuada, uma célula haploide de um indivíduo se funde com uma célula haploide do outro (fusão de gametas). O resultado da fusão dos gametas masculino ( $n$  cromossomos) e feminino ( $n$  cromossomos) vai dar origem ao zigoto diploide ( $2n$  cromossomos), que pode sofrer divisões sucessivas e produzir um novo indivíduo. A fusão gamética pode ser isogâmica e heterogâmica. Na primeira os gametas são móveis e morfológicamente idênticos, e na segunda os gametas apresentam morfologias distintas. A heterogamia pode ser de dois tipos: a anisogamia, quando ambos gametas ( $\text{♀}$  e  $\text{♂}$ ) são flagelados, possuem a mesma forma, mas apresentam tamanhos diferentes; e a oogamia, quando existe diferenças marcantes entre eles no tamanho e na mobilidade. Na oogamia o gameta masculino é menor, flagelado e móvel e o feminino é maior, imóvel e sem a presença de flagelo (Yoneshigue-Valentin et al. 2006; Baweja et al., 2016; Liu et al., 2017).

**Tabela 4.1** Grupos morfofuncionais e suas principais características (Littler & Littler, 2000).

Grupos funcionais	Morfologia externa	Anatomia interna	Textura	Exemplos de gêneros
<b>Foliácea</b>	Morfologia em forma de folha ou tubo	Somente uma ou duas camadas de células	Macia	 <i>Ulva</i>
<b>Filamentosa</b>	Forma de filamento (delicadamente ramificada)	Levemente corticada	Macia	 <i>Centroceras</i>
<b>Ramificadas</b>	Eretas, morfologicamente complexas	Corticadas	Carnuda	 <i>Oethodes</i>
<b>Coriáceas</b>	Ramos e lâminas espessas	Altamente corticadas, paredes espessas morfologicamente diferenciadas	Coriácea	 <i>Sargassum</i>
<b>Calcária articulada</b>	Eretas, articuladas	Segmentos calcários curtos conectados por intergênulo flexível	Rígida	 <i>Haliphton</i>
<b>Calcária incrustante</b>	Prostrada, incrustantes	Altamente calcificada, fileira de células paralelas	Sólida	 <i>Lithothamnium</i>

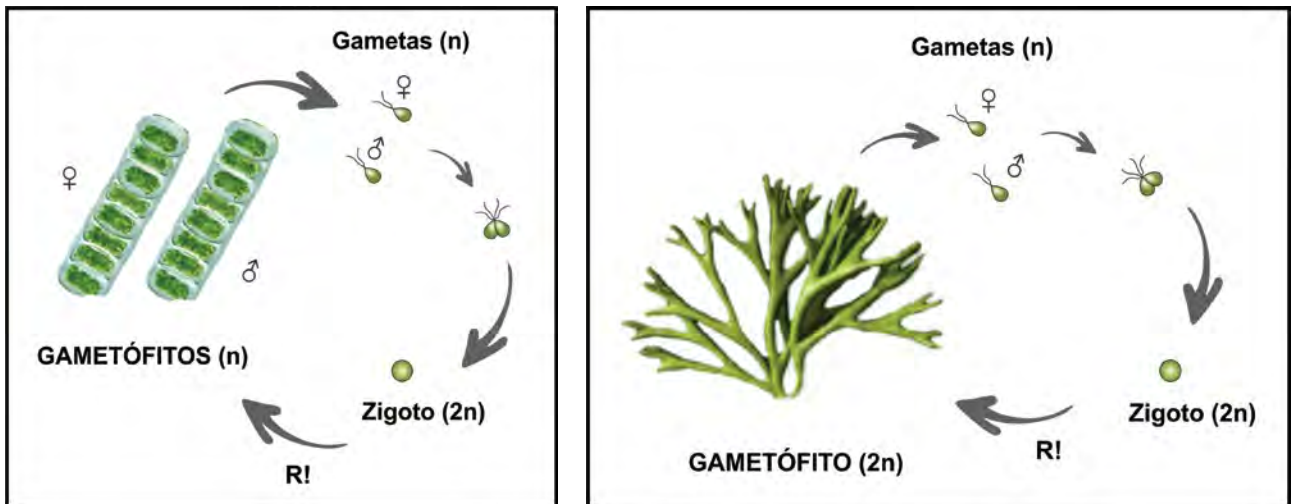
Um outro aspecto comum em várias espécies de algas multicelulares é a alternância de gerações, ou seja, em seu histórico de vida alternam-se gerações de indivíduos haploides e diploides. Essa alternância

significa que ao longo de sua vida a alga passará por uma fase haploide, conhecida como gametófito (produção de gametas), que se alternará com a fase diploide, denominada de esporófito (produção de

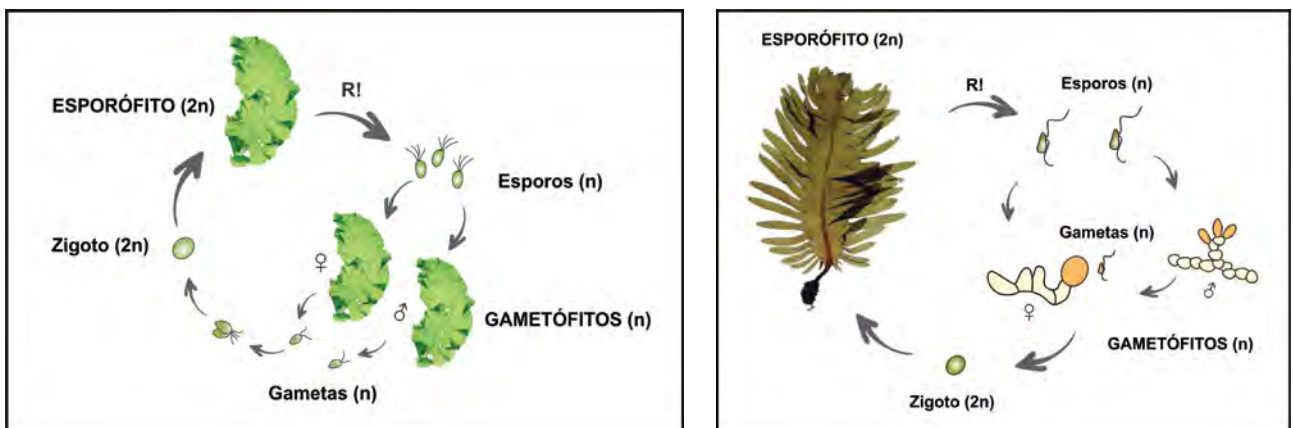
esporos). Quando a passagem de zigoto a zigoto ocorre em uma geração, o ciclo é chamado de monogenético (não há alternância de gerações); se participarem de duas ou três gerações pode-se dizer digenético e trigenético.

O histórico monogenético possui apenas uma fase de vida livre (gametófito), que dependendo da espécie, pode ser haploide ou diploide. Desta forma, os gametângios podem estar localizados em indivíduos separados (espécies dioicas haploides – **ex:** *Ulothrix*, Fig. 4.5A) ou presentes no mesmo talo (espécies monoicas diploides – **ex:** *Codium*, Fig. 4.5B).

O histórico de vida digenético é o mais comum nas macroalgas e envolve a alternância entre os esporófitos (2n) e os gametófitos (n). Esses indivíduos podem ser semelhantes entre si (isomórficos- **ex:** *Ulva* – Fig. 6A) ou morfologicamente distintos (heteromórficos – **ex:** *Undaria* – Fig. 4.6B). Os esporófitos se desenvolvem a partir do zigoto (oriundo da fusão dos gametas ♀ e ♂) e são capazes de produzir os esporos, que ao germinarem se desenvolvem em gametófitos (♀ e ♂).



**Figura 4.5** Histórico de vida monogenético para espécies dioicas, **A)** *Ulothrix* e monoicas, **B)** *Codium*. Adaptado de Yoneshigue-Valentin (2009).



**Figura 4.6** Histórico de vida digenético isomórfico, **A)** *Ulva* e heteromórfico, **B)** *Undaria*. Adaptado de Yoneshigue-Valentin (2009).

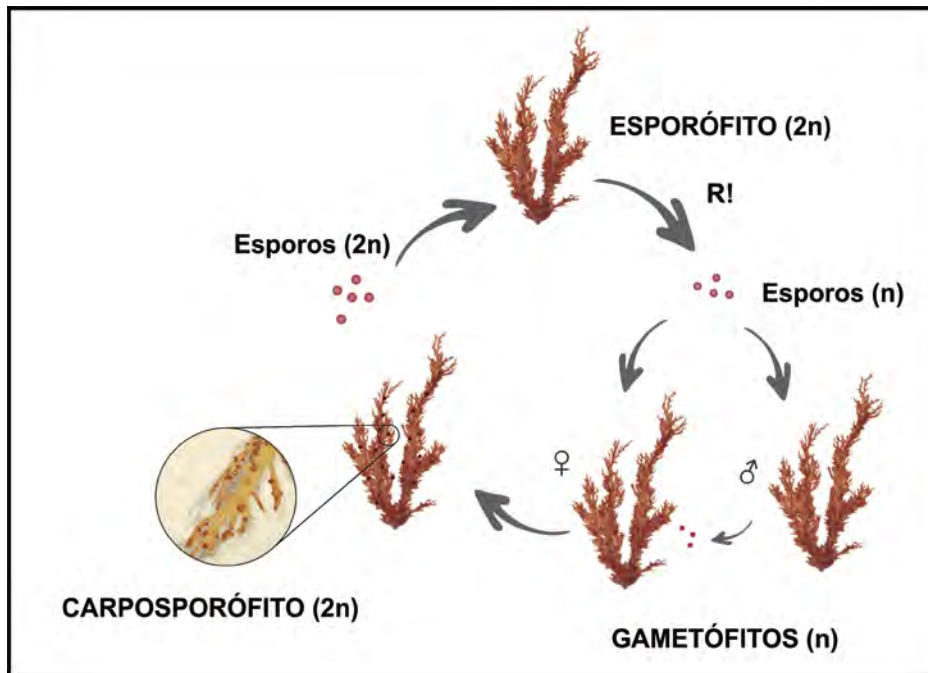


Figura 4.7 Histórico de vida trigenético (*Gracilaria*). Adaptado de Carneiro (2011).

O histórico de vida trigenético, exclusivo das algas vermelhas, é um pouco mais complexo que o anterior, apresentando uma terceira geração de indivíduos, o carposporófito (2n). Ele é resultante do zigoto que se desenvolve como um parasita no talo feminino, sendo responsável por produzir os esporófitos (2n). Assim como no ciclo digenético, os esporófitos dão origem aos gametófitos femininos e masculinos (Fig. 4.7).

### 2.3. Fatores de distribuição

Vários fatores são responsáveis pela distribuição biogeográfica das macroalgas, entre eles destacam-se temperatura, luz, salinidade, nutrientes e substrato (Lobban & Harrison, 1997; Smale et al., 2016). A temperatura é considerada o principal parâmetro ambiental na distribuição global das espécies. Nos oceanos, a temperatura restringe cada espécie a uma zona geográfica compatível com suas exigências térmicas. Esta é a razão pela qual em um mesmo oceano, a composição da flora

varia do equador aos polos (Lünning, 1990). Cada espécie requer uma temperatura máxima e mínima para sobreviver e uma temperatura ótima que favorece o seu pleno desenvolvimento. Essa variável ambiental tem um grande efeito sobre a estrutura molecular, celular e sobre os ciclos reprodutivos das comunidades.

A luz é considerada o principal e também um dos fatores mais complexos, afetando a ecologia, biologia e fisiologia das macroalgas. Essa complexidade surge primeiramente devido ao tipo de luz (intensidade e natureza da radiação) e em segundo lugar do seu efeito sobre os organismos fotossintetizantes (Hurd et al., 2014). Muitas espécies são adaptadas para sobreviver em locais com alta radiação e longos períodos de iluminação (baixas latitudes), enquanto outras, são adaptadas às condições de curta luminosidade (altas latitudes). A distribuição vertical das macroalgas é limitada pela disponibilidade de luz, a qual varia em função da profundidade, latitude, estação do ano e transparência da água (Lobban & Harrison, 1997).

O uso da luz pelas macroalgas está relacionado principalmente ao fornecimento de energia para a fotossíntese, mas atua também em basicamente todos os processos biológicos.

A salinidade é a medida da concentração de vários sais inorgânicos na água do mar. Embora seja um fator abiótico relativamente estável em águas oceânicas, a salinidade pode mudar na região costeira de acordo com os ventos, marés e precipitação (Nejrup & Pedersen, 2012). Dessa forma, a distribuição das macroalgas em relação à salinidade é considerada um fenômeno mais local do que global (Lobban & Harrison, 1997). Como outros fatores ambientais, a salinidade varia espacial e sazonalmente. Assim, a distribuição de uma espécie marinha deve refletir não somente sua preferência ou tolerância às variações ambientais, mas também sua habilidade em resistir às mudanças com o tempo (Lünning, 1990).

Em geral, as macroalgas apresentam diferentes processos de crescimento e desenvolvimento em relação à variação da salinidade. A pressão osmótica afeta a distribuição da umidade dentro e fora da membrana semipermeável, assim como a absorção dos nutrientes pelas algas. Para se adaptar as flutuações de salinidade, as macroalgas modificam as concentrações internas de íons ( $K^+$ ,  $Na^+$  e  $Cl^-$ ) e de osmólitos orgânicos (**ex:** manitol, amido florídeo e açúcar). Estas mudanças são as responsáveis pela regulação entre o interior e o exterior de uma célula (Lünning, 1990).

A disponibilidade de nutrientes é sem dúvida um dos fatores que regulam a biologia das algas. A concentração de nutrientes tem sido mostrada por limitar o crescimento e a produtividade e, em alguns casos, pode controlar o conteúdo bioquímico, reprodução, desenvolvimento, morfologia e distribuição das algas. As algas têm desenvolvido várias estratégias para se adaptar aos regimes de flutuação de nutrientes. Em condições de depleção de nutrientes no meio, algumas espécies podem ser induzidas

a alterar sua morfologia para aumentar sua superfície de absorção de nutrientes. Outras, desenvolvem apressórios de fixação e morfologia resistentes para facilitar sua presença na zona de arrebentação, onde existe uma maior disponibilidade de nutrientes.

Alguns nutrientes podem limitar a taxa de crescimento de algumas espécies se estiverem em baixas concentrações. Os nutrientes, nitrogênio e fósforo, são considerados os principais elementos limitantes para o desenvolvimento das algas. O amônio ( $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ) são as formas mais comuns de nitrogênio inorgânico dissolvido no ecossistema aquático. O  $NH_4^+$  é geralmente absorvido em preferência às outras formas de nitrogênio. Isto ocorre porque o íon amônio é a forma mais reduzida do nitrogênio e, portanto, a mais vantajosa do ponto de vista energético (Lobban & Harrison, 1997). As algas absorvem fósforo na forma inorgânica- ortofosfato ( $PO_4^{3-}$ ). Esse macronutriente tem um papel central nas principais atividades das algas, em especial na fotossíntese e respiração (Phang et al., 2015).

A maioria das espécies algais necessita de um substrato para obter um desenvolvimento normal e concluir seu ciclo de vida. Como não possuem sistema radicular como as plantas terrestres, elas não retiram do substrato os elementos nutritivos, mas diretamente do meio aquático que as circundam. A natureza química do substrato não interfere no sucesso de seu desenvolvimento. No entanto, a textura do substrato, ou seja, se é duro, rugoso ou liso, são algumas características que influenciam na fixação das espécies. Cada espécie possui requisitos específicos por um tipo de substrato: rocha sólida, cascalho, areia ou lama. Elas podem se fixar também a outros substratos, como conchas, casco de embarcações, raízes de mangue ou viver livremente na superfície do mar, longe da costa (Mar de Sargaços), graças a presença de vesículas de ar presente em seus ramos.

## 2.4. Zonação vertical

As macroalgas estabelecidas na região litorânea estão concentradas nas zonas entremarés e sublitoral. A zona entremarés corresponde ao espaço vertical periodicamente coberto e descoberto pelas marés comuns (compreendida entre as linhas de preamar e baixa mar), e é bastante influenciada pela variação dos fatores abióticos (**ex:** temperatura, salinidade e luz), ocasionada pela emersão e imersão periódica. Na zona sublitoral, onde as condições ambientais são mais estáveis, os fatores bióticos (**ex:** competição e herbivoria) apresentam uma maior importância na distribuição das macroalgas (Marinho-Soriano, 2013; Smale et al., 2016). A repartição dos organismos na zona litorânea não é homogênea. Nessa área, os organismos se distribuem em faixas horizontais de acordo com suas adaptações. Essas faixas ocorrem perpendicularmente ao mar e são bastante distintas entre si, podendo haver dominância de uma determinada espécie em cada faixa. A esta distribuição dá-se o nome de zonação.

De modo geral, a zonação compreende três zonas distintas: supralitoral, mesolitoral e infralitoral. A zona superior denominada supralitoral, está localizada imediatamente acima da linha da maré alta. Esta zona é caracterizada pela exposição constante às condições atmosféricas, onde somente chegam os respingos da água do mar. O limite superior dessa faixa é caracterizado pela vegetação terrestre e o inferior, pelos líquens marinhos que se estabelecem na linha das marés comuns. Nessa faixa, os fatores ambientais, tais como temperatura e radiação solar, têm grande importância na distribuição dos organismos. O mesolitoral compreende a área periodicamente coberta e descoberta pelas marés comuns e que apresenta alternância regular de imersão e emersão. A extensão do mesolitoral é determinada pela amplitude de marés e varia ao longo da costa, dependendo da latitude e da morfologia do litoral. Essa área pode incluir vários tipos de habitats, como praias de areia, costão rochoso, recifes de arenito e fundos lodosos

(Coutinho & Zalmon, 2009). Nesta zona é comum a presença de poças de maré (depressão rochosa), onde a água está sujeita ao aumento de temperatura e salinidade. No mesolitoral, as algas estão sujeitas ao estresse das mudanças ambientais e para sobreviver à essas condições devem ser capazes de tolerar ou minimizar o efeito da perda de água por evaporação e mudanças de temperatura e salinidade.

A parte mais inferior é denominada de infralitoral. Esta zona se estende desde o limite inferior do mesolitoral até uma profundidade onde a luz seja suficiente para a realização do processo fotossintético (Coutinho & Zalmon, 2009; Yoneshigue-Valentin et al., 2006; Marinho-Soriano, 2013). Nessa zona, as interações biológicas (competição, predação, herbivoria) têm uma maior importância na distribuição das macroalgas, uma vez que os fatores ambientais são mais estáveis. A profundidade máxima que elas podem sobreviver depende da quantidade de luz que penetra na água, que, por sua vez, está relacionada à latitude e transparência da água.

## 2.5. Funções ecológicas

As macroalgas desempenham um papel ecológico importante no funcionamento dos ecossistemas costeiros. Elas atuam como produtores primários na base da cadeia trófica, fornecendo alimento para inúmeros organismos marinhos (**ex:** invertebrados, peixes). Além disso, servem como local de desova e berçário para invertebrados e peixes, incluindo espécies comerciais, e atuam como uma cobertura natural contra a erosão costeira, participando na formação dos atóis e recifes (Marinho-Soriano et al., 2008). Além de sua importância como produtores primários, a complexidade do talo das diferentes espécies desempenha um papel importante no fornecimento de habitat para múltiplas espécies de epífitas, bem como uma variedade de animais sésseis e móveis (Christie et al., 2009).

As macroalgas são consideradas engenheiras do ecossistema pois podem alterar fisicamente ou

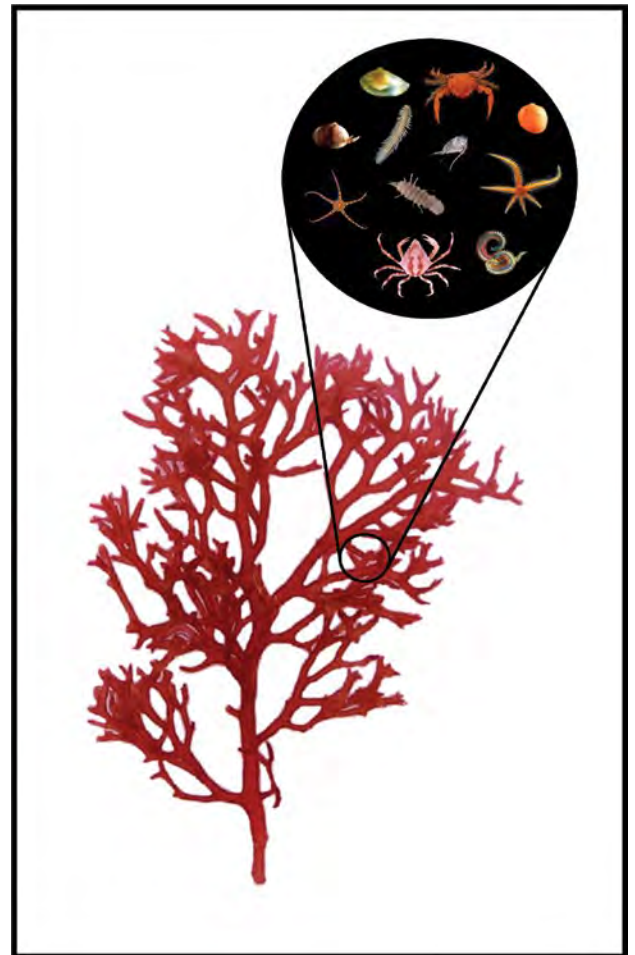
modular a disponibilidade de recursos do seu entorno para outras espécies. Elas podem criar, modificar e manter os habitats, influenciando todas as espécies associadas (Hastings et al., 2007). Alterando a disponibilidade de recursos e os níveis de estresse local, elas podem facilitar a permanência de determinados organismos e/ou inibir outros (Watt & Scrosati, 2013).

A alta produtividade e diversidade morfológica das macroalgas, que variam de simples filamentos até algas de grandes dimensões (kelps), criam habitats estruturalmente complexos para uma diversa comunidade de organismos que vivem sobre a superfície (epífitas e epizóicas) ou se alimentam de talos algais. Esses organismos (epifauna) usam as macroalgas bentônicas de diversas formas (Fig. 4.8). Os filtradores sésseis usam as algas como simples substrato biogênico, crescendo sobre elas. Outros consomem grandes quantidades de biomassa algal. Além disso, modificando os fatores ambientais, tais como, luz e movimento da água, são capazes de fornecer habitat indireto para organismos que vivem na coluna da água ou entre seus rizoides (Smale et al., 2016).

## 2.6. Mecanismos de defesa

As algas, por sua vez, sejam epífitas ou epilíticas, macro e microalgas, são amplamente consumidas por herbívoros e os fatores que influenciam a seleção dessas algas são complexos, envolvendo não apenas a morfologia do aparelho alimentar, como também, aspectos relacionados à palatabilidade, disponibilidade, conteúdo energético, facilidade de digestão e valor nutricional das algas (Jernakoff et al., 1996). Para minimizar os danos gerados pelos herbívoros, as macroalgas apresentam diversos mecanismos de defesas. Esses mecanismos incluem tolerância à herbivoria, escape espaço-temporal e defesas morfológicas e químicas (Hay, 2009).

A tolerância à herbivoria pode ser alcançada através da regeneração e produção rápida de novos tecidos,



**Figura 4.8** Diversidade de organismos que vivem sobre a superfície das macroalgas.

sendo considerada menos custosa para a alga em comparação aos demais mecanismos. Elas podem, por exemplo, aumentar sua taxa de crescimento em períodos do ano quando os herbívoros estão em baixas densidades ou quando estão menos ativos metabolicamente. As algas também podem evitar os predadores crescendo em locais onde não são encontradas com facilidade (**ex:** fendas, grutas) (Rasher & Hay, 2014).

As macroalgas marinhas apresentam uma ampla variedade de tamanho, forma e textura podendo variar de delicadas formas filamentosas até formas incrustantes. Para evitar a predação, algumas

espécies podem modificar sua morfologia. Por exemplo, para reduzir sua atratividade e minimizar os danos causados pela herbivoria, espécies de *Padina* (alga marrom), encontradas em áreas com alta pressão de predação, podem se desenvolver como *turfs* prostrados no substrato (Lewis et al., 1987). A dureza do talo, também pode deixar a alga menos palatável para os herbívoros.

Determinadas características bioquímicas, como a produção de defesas químicas, estão relacionadas ao sucesso das algas nas relações com os herbívoros. As macroalgas produzem um grande número de metabólitos secundários estruturalmente diferentes, incluindo terpenos, polifenóis, acetogeninas, alcaloides esteróis, polifenóis entre outros. Esses compostos, apresentam múltiplas funções, tais como, defesa contra herbívoros, organismos incrustantes e agentes patogênicos, além de desempenhar um papel importante na proteção contra a radiação UV (Pereira & Gama, 2008).

## 2.7. Efeito das mudanças climáticas sobre as macroalgas

Mudanças climáticas globais e sua variabilidade estão forçando alterações generalizadas nos sistemas biológicos, ecológicos e socioeconômicos (Price et al., 2011). A elevação da temperatura, aumento do dióxido de carbono, radiação UV e o aumento do nível do mar podem alterar o crescimento das espécies terrestres e marinhas. Esses fatores podem causar a reorganização das comunidades locais devido a adição e exclusão de espécies nos mais variados habitats (Harley, 2011). Como as temperaturas continuam a aumentar, grandes mudanças em relação a biodiversidade são esperadas, como por exemplo, deslocamento de espécies para latitudes mais altas ou para maiores profundidades em busca de temperaturas mais frias. Considerando que a temperatura é o fator chave na distribuição dos organismos marinhos, mesmo pequenas variações podem ter efeitos

significativos nas comunidades, como alteração no padrão de distribuição, migração e até extinção de espécies (Harley et al., 2012; Stocker et al., 2013).

A temperatura da água é o principal fator que influencia a sobrevivência e o crescimento das algas em uma escala espacial (Lünning, 1990). Em várias regiões do planeta tem sido registrada a elevação da temperatura superficial da água (Baumann & Doherty, 2013). Esse aquecimento tem importante implicação para as macroalgas formadoras de dossel que dominam áreas rochosas em várias partes do mundo. A alteração desses organismos estruturadores de comunidades interfere na sequência de todos os organismos que dependem deles. De acordo com esse cenário, as mudanças climáticas deverão modificar a distribuição de muitas espécies marinhas, incluindo as algas engenheiras de ecossistemas que desempenham um papel fundamental na provisão de habitats e outras funções ecológicas associadas às comunidades, assim como, outros serviços para o bem-estar humano (Pecl et al., 2017).

Além de absorverem calor, os oceanos também constituem um sumidouro de dióxido de carbono. Quanto maior a quantidade de CO<sub>2</sub> liberado na atmosfera, maior será a quantidade absorvida pelos oceanos, onde ele irá reagir com a água e produzir ácido carbônico, resultando na acidificação gradual dos oceanos. Desta forma, quanto mais acidificados os oceanos, menor a sua capacidade de serem estabilizadores de pH. A acidificação afeta a vida marinha em todos os grupos, mas em diferentes níveis. O aumento da acidificação da água do mar promove impactos na fisiologia dos organismos e provoca alterações no sistema carbonato, comprometendo a sobrevivência das algas calcárias e de outros animais que produzem exoesqueletos calcificados.

Outro efeito das mudanças climáticas é o aumento do nível do mar devido ao derretimento das geleiras e a expansão da água do mar, provocado pelo aumento de temperatura. Ambos os fatores



causarão mudanças na profundidade da água, amplitude das marés, modificação na velocidade das correntes e aumento da intrusão salina (Sunny, 2017). Esta mudança no nível do mar é particularmente impactante para os seres vivos que habitam e são adaptados às condições existentes nas áreas mais rasas. Com a elevação do nível do mar as algas do mesolitoral, que estão adaptadas à variação diária das marés (imersão-emersão), permanecerão sempre submersas, o que acarretará sua substituição por espécies melhor adaptadas às novas condições. Por outro lado, o aumento da profundidade reduzirá a penetração da luz solar, limitando a taxa fotossintética e consequentemente a produtividade das algas.

A luz solar emite amplo espectro de radiação eletromagnética, do qual a parte que atinge a superfície da terra é composta de luz visível, ultravioleta (UVB e UVA) e radiação infravermelha. A diminuição da camada de ozônio, causada pelo alto índice de emissão de gases poluentes, tem resultado no aumento da radiação UVB (280-315 nm) que alcança a superfície da Terra. A penetração da radiação UVB na água depende da quantidade de partículas em suspensão na água (orgânicas e inorgânicas), além de outros fatores associados às mudanças sazonais e fotoperíodo (Häder et al., 2015; Williamson et al., 2019). Considerada a faixa mais danosa da radiação UV, esse tipo de radiação, pode causar vários distúrbios fisiológicos e estruturais nos organismos vivos. Nas macroalgas, os raios UVB provocam diversos efeitos nocivos como: inibição da fotossíntese, alteração nas proteínas, danos no DNA, redução da taxa de crescimento e reprodução, produção de espécies reativas de oxigênio (*Reactive Oxygen Species* – ROS), entre outros (Bischof et al., 2006). Os danos causados pelo aumento da UVB podem levar a redução da biomassa algal, diversidade e captação do CO<sub>2</sub>, trazendo, como consequência, o desequilíbrio para os ecossistemas aquáticos.

## 2.8. Serviços ecossistêmicos fornecidos pelas macroalgas

Sistemas dominados por macroalgas são muito produtivos e fornecem valiosos serviços para o homem. Os benefícios que o homem obtém dos ecossistemas, para o bem-estar geral, são descritos como serviços ecossistêmicos. A estrutura dos serviços ecossistêmicos engloba setores ecológicos, econômicos e culturais e estão divididos em quatro categorias: provisão (biomassa, alimento), suporte (habitat), regulação (ciclagem de nutrientes) e cultural (apreciação estética e pesquisa científica).

Os serviços ecossistêmicos fornecidos pelas macroalgas incluem: biodiversidade, habitat, alimento para a cadeia trófica, ciclagem de nutrientes, sequestro de carbono e proteção costeira. A estrutura tridimensional de habitat das algas suporta uma grande variedade de vida marinha, incluindo espécies de importância comercial e para conservação (Smale et al., 2013). Várias guildas tróficas são representadas nos bancos de algas, incluindo herbívoros, carnívoros, detritívoros e filtradores, envolvendo diversos modelos tróficos complexos.

As macroalgas têm um papel importante na ciclagem de nutrientes nos ecossistemas costeiros. Elas são capazes de absorver nutrientes do meio, como nitrogênio e fósforo, e disponibilizá-los aos herbívoros – o nível trófico mais próximo – proporcionando um elo essencial na transferência de nutrientes ao longo das cadeias alimentares. Para a fotossíntese, as macroalgas usam nitrogênio, fósforo e carbono diretamente da coluna da água. Dessa forma, elas podem agir como “sumidouro” de nutrientes, removendo-os da coluna da água e armazenando-os em seus tecidos.

As algas são conhecidas por sua capacidade em atenuar a energia das ondas e dessa forma, fornecem proteção contra a erosão costeira (Bradley & Houser, 2009). Esses organismos são capazes de propiciar tal proteção, primeiro devido suas estruturas biogênicas (dissipa a energia das ondas)

e segundo, por contribuir para a estabilização dos sedimentos (Løvås & Tørum, 2001; Hir et al., 2007), além de diminuir a velocidade do fluxo da água quando comparado com áreas não vegetadas (Jackson et al., 2012). A hidrodinâmica pode também afetar as associações bióticas promovendo disponibilidade de alimento (aumento do particulado) ou sufocando a fauna filtradora devido ao aumento da taxa de sedimentação.

Os serviços econômicos fornecidos pelas macroalgas são inúmeros. A biomassa algal, seja ela dos bancos naturais ou cultivada, contribui para uma importante atividade econômica, bem como para os serviços de provisão (Smale et al., 2013). Do ponto de vista industrial, a biomassa pode ser usada de várias maneiras, incluindo fármacos, alimento, ração para animais, fertilizantes e biocombustíveis. Os bancos de macroalgas fornecem também benefícios culturais para a sociedade (Hasselström et al., 2018). Incluídos nessa categoria, estão a identidade cultural das populações costeiras, o valor simbólico da atividade tradicional da colheita das algas, a maricultura e a beleza cênica dos bancos algais.

### 3. UTILIZAÇÃO DAS MACROALGAS MARINHAS PELO HOMEM

#### 3.1. Antecedentes históricos sobre a utilização das macroalgas

As algas têm sido usadas pelo homem desde a pré-história, há aproximadamente 14.000 anos, como evidenciado em investigações arqueológicas realizadas no Chile (Dillehay et al., 2008). Nesse sítio arqueológico restos de algas foram encontrados associados a outras plantas medicinais, sugerindo seu uso como alimento e medicamento (Craigie, 2011). No arquipélago japonês, os antigos habitantes tinham as algas marinhas como base essencial de sua alimentação. Em vestígios arqueológicos deixados pelos grupos ancestrais Jomon (a.C. 300-600) e

Yayoi (400 d.C.), restos das macroalgas *Sargassum* e *Eisenia* foram encontrados misturados a conchas de moluscos e ossos de peixes (Nisizawa et al., 1987).

As macroalgas têm desempenhado um papel muito importante na história humana das regiões costeiras. No Japão, elas foram usadas como oferenda em santuários e também para pagar impostos à corte Imperial. No século IV, o imperador japonês permitiu que as diferentes espécies de algas, consideradas como produtos de valor, pudessem ser usadas como pagamento de impostos. Tributos pagos com algas comestíveis como nori (*Porphyra*), wakame (*Undaria*), hiziki (*Hizikia*) e kombu (*Laminaria*), permaneceram até o século XVIII (Nisizawa et al., 1987).

Na China, as algas sempre foram amplamente utilizadas como alimento e têm sido citadas na literatura chinesa há milhares de anos (Tseng, 2004). Nas enciclopédias fitoterápicas de diferentes dinastias e até mesmo em registros de províncias municipais costeiras, existem relatos sobre espécies comestíveis e medicinais. Nesses documentos, a distribuição e os aspectos morfológicos são descritos, assim como sua utilização. Embora não possa ser identificado o tempo real que as algas começaram a ser usadas pelas populações asiáticas, existem registros escritos na China que datam de 2.000 anos. Diversas espécies de algas também estiveram presentes na dieta das populações do Havaí e ilhas da Polinésia há milhares de anos (Mauritsen, 2013).

Durante o período Greco-Romano, na região do Mediterrâneo, as algas foram usadas principalmente como ingrediente para a medicina e como forragem para animais (Anis et al., 2017). Na costa do Atlântico Europeu, incluindo França, Reino Unido e os países Escandinavos, desde há muito tempo, as macroalgas são coletadas pelas populações costeiras. Embora o uso das algas nessa região tenha sido limitado à adubos para a agricultura e ração para animais, existe registro de consumo humano, principalmente em períodos de grande escassez

de alimentos (Mahadevan, 2015). Documentos de fontes históricas europeias relatam que há muito tempo, as populações costeiras desse continente consumiam algas. Na Noruega, *Palmaria palmata* foi usada como alimento humano desde a época dos Vikings. Na Irlanda, as espécies *P. palmata*, *Chondrus crispus*, *Mastocarpus stellatus* e *Porphyra umbilicalis* foram consumidas pelas populações litorâneas do país. Nessa região, as algas marinhas ficaram limitadas a venda local e consumo doméstico, sendo considerado um produto sazonal e sem demanda fora das comunidades costeiras (Delaney & Frangoudes 2016). A prática antiga do uso de algas como forragem para animais ainda continua até o presente na França, na Inglaterra e na Noruega.

Na Europa, a indústria das algas teve início no século XVII com a produção de soda (compostos de sódio:  $\text{NaCO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ) e potassa (compostos de potássio:  $\text{KCO}_3$ ,  $\text{KOH}$ ) obtidos da incineração das algas marrons (*Fucus*, *Ascophyllum* e *Laminaria*) e que eram usadas para a fabricação de vidro (Dawes, 1998). A indústria de alga marinha foi muito importante durante o reinado de Louis XIV, período em que foram fabricados diversos vitrais para catedrais e para o museu do Louvre.

No século XIX, as cinzas das algas usadas na fabricação de vidro foram substituídas por um produto chamado “barrilha”, obtido a partir da incineração de plantas da família Chenopodioideae. Posteriormente, com a descoberta do iodo em algas, pelo químico francês Bernard Courtois em 1811, e seu subsequente uso na medicina, a indústria das algas foi novamente reativada. A extração de iodo a partir das algas, particularmente de *Laminaria* perdurou até 1874, quando foram descobertos no Chile depósitos minerais de iodo (Orton & Pollock, 1996; Robinson, 1988).

Em 1914, no período da primeira guerra mundial surgiu uma grande demanda em produtos químicos e em especial, explosivos. No início das hostilidades, a Alemanha era o principal fabricante de produtos químicos e controlava as maiores reservas de

cloreto de potássio, componente importante na composição de fertilizantes e também usado na fabricação da pólvora (Neushul, 1987). Com a suspensão das exportações alemãs, criou-se em parte da Europa e Estados Unidos uma enorme demanda por esse produto. Aproveitando a oportunidade, empresas americanas instalaram uma nova indústria projetada para extrair o cloreto de potássio das algas gigantes da Califórnia (*Macrocystis pyrifera*). Essa indústria, no entanto, foi de curta duração e logo após o término das hostilidades e fim do embargo, todas as fábricas de processamento de algas pararam de operar.

O grande impulso da industrialização das algas teve sua expansão na segunda metade de século XX, com a extração de polissacarídeos das algas ou ficocolóides (Mchugh, 2003). No entanto, o seu uso data de 1658, quando as propriedades de gelificação do ágar extraído de uma alga vermelha (*Gelidium*) foram descobertas no Japão. Extratos de outra alga vermelha (*Chondrus*) produtora de carragenana eram usados como espessantes no século XIX. Somente na década de 1930 que extratos de algas marrons (*Laminaria*), contendo alginatos, foram produzidos comercialmente e comercializados como espessante, embora sua descoberta tenha ocorrido em 1883 pelo químico inglês Stanford.

A segunda guerra mundial também produziu uma crise na indústria das algas. Nesse período, a produção de ágar estava centrada no Japão, o qual controlava praticamente todo o mercado do mundo. Quando a guerra foi declarada, as importações foram suspensas e muitos países foram forçados a estabelecer sua própria indústria de ficocolóides. Ao mesmo tempo, estudos foram intensificados sobre as espécies nativas destinadas a produzir um produto com características semelhante ao japonês. Como resultado, os polissacarídeos passaram a ser extraídos de espécies até então não utilizadas anteriormente, tais como *Gelidium cartilagineum* na costa do Pacífico, *Chondrus crispus* na Irlanda, *Pterocladia capillacea* na Nova Zelândia e *Hypnea musciformis* nos Estados Unidos (Marinho-Soriano, 2017).

### 3.2. Algas marinhas na alimentação

Desde a antiguidade, as algas marinhas fazem parte da dieta das populações costeiras, especialmente nos países orientais (Japão, China, Coreia), onde são consumidas *in natura* ou processadas. As espécies mais consumidas no Japão são nori (*Porphyra* spp.), kombu (*Laminaria* spp.) e wakame (*Undaria pinnatifida*). Nos países ocidentais, a utilização de algas na alimentação está associada principalmente as populações costeiras ou durante períodos de miséria, descritos em narrativas históricas. Recentemente devido ao seu potencial nutricional, as algas têm atraído crescente interesse como fonte de alimento em todo o mundo (Fleurence, 2016). Algumas espécies possuem altas concentrações de proteínas, semelhante às fontes tradicionais de proteínas, tais como carne, ovos e soja (Bleakley & Hayes, 2017).

As algas marinhas apresentam diferentes níveis de proteínas. Geralmente, a concentração é baixa nas algas marrons (3-15% peso seco), moderada nas algas verdes (9-26% peso seco) e alta nas algas vermelhas (máximo de 47% peso seco) (Fleurence, 2004). Além do alto valor proteico, as algas são ricas em fibras dietéticas solúveis, carboidratos, minerais, vitaminas, antioxidantes e ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs) com baixo calor calórico. A composição química das algas é composta de diversos minerais, incluindo o magnésio, cálcio, potássio, zinco, selênio, ferro, além de alto teor em iodo, especialmente nas espécies pertencentes ao grupo das algas marrons. As algas são também descritas como excelente fonte de diversas vitaminas (**ex:** vitamina A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, C, D e E) (Skrovankova, 2011).

As algas comestíveis contêm uma vasta gama de nutrientes, muitos dos quais têm importância significativa na nutrição humana e grande potencial econômico para a indústria de alimentos (Plaza et al., 2008; Kazir et al., 2019). Em adição, as algas produzem uma grande variedade de compostos bioativos que apresentam um leque de atividades biológicas variando de tratamento para alergias, hipertensão, diabetes, inflamação, trombose e obesidade até doenças de difícil cura como câncer

e HIV. Em virtude das atividades biológicas que apresentam, as algas marinhas têm sido apontadas atualmente como uma das mais interessantes fontes nutricionais e funcionais (Koutsaviti et al., 2018). Os polissacarídeos (ágar, carragenana e alginatos) também estão presentes em grandes quantidades nas algas e são amplamente utilizados na indústria de alimentos devido ao seu grande espectro de funcionalidade com especial ênfase na gelificação e realce de viscosidade (Kilinc et al., 2013).

### 3.3. Ração para animais

O uso de macroalgas marinhas como um recurso de alimentação suplementar em produção animal tem uma longa história. Na Europa, durante invernos rigorosos quando as pastagens eram escassas, os animais se alimentavam de macroalgas na zona intertidal. As algas eram também coletadas, secadas e estocadas em celeiros para serem usadas como ração para o gado e ovelhas. O uso de algas como silagem era uma prática comum no início de 1900 nas áreas costeiras da Europa (Evans & Critchley, 2014). Durante os séculos XIX e XX houve inúmeros relatos de uso ocasional ou sistemático de algas como alimento para animais na França (Bretanha), Escócia e Escandinávia (Suécia, Noruega e Finlândia), em especial para ruminantes e suínos (Chapman & Chapman, 1980). Atualmente, nas ilhas North Ronaldsay (norte da Escócia), ovelhas ainda pastam uma dieta exclusivamente de algas (Hansen et al., 2003; Makkar et al., 2016).

Durante a primeira guerra mundial (1914-1918), devido a penúria de forragem para os animais, as forças armadas francesas usaram algas secas do gênero *Fucus* para alimentar os animais de sua cavalaria (Arzel, 1984). As algas foram usadas como complemento alimentar para animais durante vários anos, no entanto, na primeira metade do século XX, um consenso geral baseado no conteúdo de proteínas de *Laminaria* e *Fucus* decidiu que as algas não deviam ser recomendadas para a pecuária (Evans & Critchley, 2014).

O interesse das macroalgas como ingrediente para ração animal ressurgiu na década de 1960, quando a Noruega começou a produzir farinha de algas para ser usada como aditivo na ração animal. Esta farinha foi elaborada a partir de algas marrons (*Ascophyllum nodosum*) coletadas na maré baixa na zona intertidal e posteriormente, secadas e moídas (Mchugh, 2003). A adição de farinha de algas na ração do gado, complementa os componentes nutricionais ausentes no fornecimento da alimentação tradicional, resultando em animais mais produtivos e mais saudáveis. Além disso, a grande quantidade de microelementos nutritivos encontrados na farinha de algas tem sido apontada como mais eficiente do que as fontes minerais inorgânicas (Cabrita et al., 2016).

As macroalgas também têm sido utilizadas como aditivo suplementar em ração para aves com a finalidade de melhorar o estado imunológico dos animais, reduzir a carga microbiana no trato digestivo e também por seu efeito benéfico sobre a qualidade da carne e ovos das aves (Wang et al., 2013). Além disso, estudos recentes têm demonstrado que as macroalgas podem conter potenciais prebióticos, o que significa que podem favorecer o crescimento de bactérias presentes na flora intestinal dos animais (Evans & Critchley, 2014; Hindu et al., 2019).

As macroalgas também têm oferecido um novo valor agregado como um ingrediente em dietas para organismos aquáticos (Wan et al., 2018). Em comparação com outros ingredientes, as macroalgas oferecem uma série de compostos bioativos que podem beneficiar os organismos aquáticos cultiváveis (peixes, crustáceos, moluscos). A maioria dos estudos nutricionais com farinha de algas ou extratos de algas avaliaram baixas taxas de inclusão para verificar sua possível utilidade como um alimento funcional (efeito aglutinante), nutricional e nutracêutico (efeito protetor contra doenças). O nível de inclusão de algas na ração depende da espécie algal e da espécie consumidora (Cruz-Suárez et al., 2008). Em muitos casos, a inclusão de algas na formulação de ração para camarão tem resultado na melhoria da qualidade do pellet, maior eficiência alimentar,

melhor desempenho no crescimento e maior qualidade do produto animal (Marinho-Soriano et al., 2007; Elizondo-González et al., 2017).

### 3.4. Fertilizantes agrícolas

As macroalgas têm sido usadas desde a antiguidade, nas regiões costeiras, como compostagem para melhorar as condições do solo e propiciar aumento da produtividade das culturas (Craigie, 2011). Relatos históricos mostram que o uso de algas na agricultura era comum na Europa (Islândia, Noruega, França e Inglaterra), nas regiões onde os recursos algais eram abundantes (Nedumaran, 2017).

As macroalgas são consideradas recursos valiosos para melhoramento das plantas devido seu alto conteúdo de compostos minerais, aminoácidos, vitaminas e reguladores de crescimento das plantas, incluindo as auxinas, citocinina e giberelinas (Stirk et al., 2014). Os extratos de algas podem ser usados na forma líquida, em pó ou em formas granuladas, como condicionadores de solos. Em geral, a aplicação desses extratos promove melhoria na germinação das sementes, absorção de nutrientes, fotossíntese e resistência a doenças (Sharma et al., 2014). O uso dos fertilizantes provenientes das macroalgas pode também influenciar na qualidade nutricional das culturas (Craigie, 2011). Excelentes fontes de compostos bioativos, elas apresentam uma grande variedade de atividades biológicas, incluindo propriedades antifúngicas (Peres et al., 2012), antiviral (Jiménez et al., 2011) e antibacteriana (Raghavendra et al., 2007).

As pesquisas em biotecnologia, no campo dos biofertilizantes, têm aumentado nos últimos anos. Esses fertilizantes têm ação bioestimulante e seu uso na agricultura e horticultura é cada vez maior, onde têm um papel de destaque por ser uma opção viável para o setor agrícola e benéfica para o meio ambiente. A inclusão de algas no solo proporciona muitos benefícios, tais como melhoria nas propriedades biológicas, físicas e químicas do solo,

ocasionando o aumento do suprimento de nutrientes às plantas. Além disso, esse insumo orgânico, atua como fonte de compostos bioativos, exercendo ação positiva na nutrição das plantas, devido à liberação gradativa e contínua de nutrientes como o nitrogênio (Valencia et al., 2018). Ao contrário dos fertilizantes químicos, os extratos derivados de algas são biodegradáveis, atóxicos, não poluentes e não perigosos para os seres humanos e animais (Rathore et al., 2009).

As principais espécies utilizadas como fertilizantes são aquelas que apresentam laminarinas, fucoidanos e outros ésteres sulfatados em sua composição. As macroalgas marinhas como *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria* spp., *Ecklonia maxima*, *Sargassum* spp., *Durvillaea* spp., *Fucus serratus*, *Ulva intestinalis*, *Ulva lactuca*, *Kappaphycus alvarezii*, são algumas das algas utilizadas como adubos, fertilizantes e bioestimulantes (Craigie, 2011, Ertani et al., 2018).

### 3.5. Utilização terapêutica

O uso medicinal de macroalgas na prevenção e cura de doenças, faz parte da cultura milenar dos países orientais. Historicamente as civilizações asiáticas têm usado as algas como medicamento fitoterápico desde 300 a.C. (Jaspars et al., 2016). Na Europa, na região do Mediterrâneo, os efeitos medicinais das algas são conhecidos desde a antiguidade. Os antigos romanos as usavam para tratar feridas, queimaduras e erupções cutâneas e os egípcios, como tratamento para o câncer de mama (Collins et al., 2016). Na Irlanda, as algas vermelhas *Chondrus crispus* e *Mastocarpus stellatus* foram usadas como medicina popular para resfriados, dores de garganta, infecções e bronquites durante vários séculos (Dias et al., 2012).

Antes da década de 1950, o uso de algas para fins medicinais era restrito a medicina tradicional de alguns países. No entanto, durante as décadas de 1980 e 1990, compostos com atividades biológicas ou propriedades farmacológicas foram descobertas

em várias espécies de algas e invertebrados marinhos (Smit, 2004; Pereira & Costa-Lotufo, 2012). O aumento da exploração dos organismos marinhos facilitados pelo mergulho autônomo, o uso de submersíveis tripulados e mais recentemente os veículos operados remotamente (ROVs) têm contribuído para a descoberta de novos produtos naturais marinhos (Dias et al., 2012).

Compostos isolados de algas marinhas têm demonstrado diversas atividades biológicas, tais como atividade antibacteriana, potencial antioxidante, propriedades anti-inflamatórias, atividade anticoagulante, antifúngica, antiobesidade, anticancerígenas e ação antiviral inclusive contra HIV, entre outras (Barbosa et al. 2014; Seca & Pinto, 2018). Eles também contêm um elevado nível de pigmentos, polifenóis, polissacarídeos, vitaminas (como ácido ascórbico e  $\beta$ -caroteno), ácidos graxos poli-insaturados e minerais. Os tratamentos de doenças que utilizam algas ou derivados de algas são muito diversos. Eles incluem tratamentos para câncer, problemas digestivos, hidropisia, eczema, problemas glandulares, bócio, gota, hipertireoidismo, infecção parasitária, doenças renais, entre outros (Jaspars et al., 2016).

As macroalgas das regiões tropicais produzem uma grande diversidade de metabólitos secundários, tais como halogenados, polifenóis, terpenóides e acetogeninas (Blunt et al., 2014). Estas moléculas tem um papel ecológico importante atuando na defesa contra herbívoros, epibiontes e agentes patogênicos (fungos, bactérias e vírus), além de servir como proteção contra as radiações UV. As diversas atividades biológicas desses metabólitos secundários vêm sendo utilizadas há séculos na medicina popular e nos dias atuais, como medicamentos, cosméticos e mais recentemente como nutracêuticos (Gaubert et al., 2019).

### 3.6. Algas como fonte de hidrocolóides

Os ficocolóides são polissacarídeos coloidais encontrados nas paredes e espaços intercelulares de várias espécies algais. As funções biológicas desses polissacarídeos nas algas incluem: mecanismo de

regulação osmótica, resistência a dessecação e atenuação de choques mecânicos (flexibilidade). A presença dos polissacarídeos nas paredes celulares varia em função dos parâmetros ambientais, tais como, temperatura, luz e nutrientes. Os três principais ficocolóides são ágar, carragenana e

alginatos. O ágar e carragenana são extraídos das algas vermelhas e os alginatos das algas marrons. Esses ficocolóides são moléculas de açúcar quimicamente modificadas, tais como galactose, em ágar e carragenana, e ácidos orgânicos, como o ácido manurônico e gulurônico, nos alginatos (Tab. 4.2).

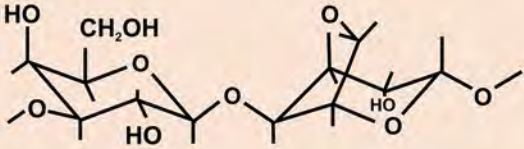

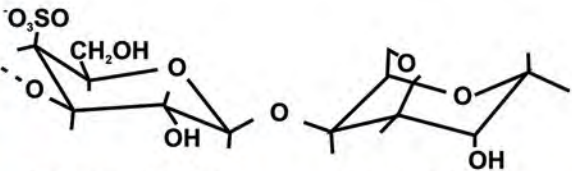

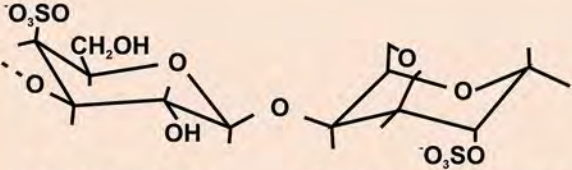

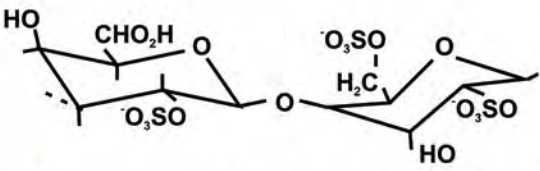
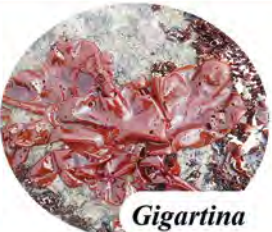
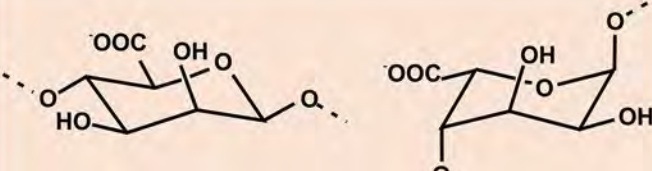

Estruturas químicas	Ficocolóide	Representantes
 <p data-bbox="296 778 453 805">β-1,3 D-galactose</p> <p data-bbox="544 778 746 805">3,6-anidro-L-galactose</p>	<p data-bbox="954 690 1050 717">Agarose</p>	 <p data-bbox="1305 778 1433 813"><i>Gracilaria</i></p>
 <p data-bbox="252 1044 464 1071">β-D-galactose-4-sulfato</p> <p data-bbox="571 1044 778 1071">3,6-anidro-D-galactose</p>	<p data-bbox="946 936 1098 989">Carragenana Kappa</p>	 <p data-bbox="1305 1044 1469 1079"><i>Kappaphycus</i></p>
 <p data-bbox="252 1304 464 1330">β-D-galactose-4-sulfato</p> <p data-bbox="528 1304 820 1330">3,6-anidro-D-galactose-2-sulfato</p>	<p data-bbox="946 1201 1098 1255">Carragenana Iota</p>	 <p data-bbox="1305 1304 1406 1338"><i>Hypnea</i></p>
 <p data-bbox="252 1563 464 1590">β-D-galactose-2-sulfato</p> <p data-bbox="528 1563 772 1590">α-D-galactose-2,6-disulfato</p>	<p data-bbox="946 1461 1098 1514">Carragenana Lambda</p>	 <p data-bbox="1305 1563 1422 1598"><i>Gigartina</i></p>
 <p data-bbox="288 1823 485 1849">β-D-manurômico</p> <p data-bbox="683 1823 852 1849">α-L-gulurônico</p>	<p data-bbox="970 1739 1070 1766">Alginato</p>	 <p data-bbox="1305 1823 1442 1857"><i>Sargassum</i></p>

Tabela 4.2 Estruturas moleculares dos diferentes ficocolóides e seus principais representantes (Armisen et al. 2000).

Em meio aquoso, os polissacarídeos formam substâncias viscosas, incluindo géis, que podem se modificar com a diminuição da temperatura. Essas substâncias têm várias aplicações nas indústrias de alimento, farmacêutica, cosmética, têxtil e na biotecnologia (Imeson, 2009).

### 3.6.1. Ágar

O ágar é um polissacarídeo extraído de algas vermelhas (Rhodophyta), em especial das famílias Gracilariaceae e Gelidiaceae. O ágar foi provavelmente um dos primeiros colóides hidrofílicos descoberto e purificado. De acordo com relatos históricos, o método de fabricação original foi descoberto acidentalmente no Japão no século XVII, no inverno de 1658, após a preparação de um prato tradicional elaborado à base de geleia, produzido a partir de *Gelidium*. A extração do ágar por técnicas modernas de congelamento industrial foi iniciada em 1922 nos Estados Unidos (Armisen et al., 2000; Zucca et al., 2016).

O ágar é uma complexa mistura de polissacarídeos composto por duas frações principais: agarose, um polímero neutro, e agarpectina, um polímero com carga sulfatada. A proporção desses dois polímeros varia de acordo com a espécie, estação do ano e parâmetros ambientais. A agarose, fração gelificante, é uma molécula linear neutra, essencialmente livre de sulfatos que consiste de cadeias repetidas de unidades alternadas de  $\beta$ -1,3 D-galactose e  $\alpha$ -1,4 3,6-anidro-L-galactose. A agarpectina, fração não gelificante, é um polissacarídeo sulfatado (3 a 10% de sulfato). O ágar é uma substância solúvel em água, à temperatura de 95 a 100°C. É uma substância atóxica formada principalmente por fibras, sais minerais, celulose, anidrogalactose e proteínas. Entre suas principais propriedades destacam-se seu alto poder de gelificação, gel termorreversível, elevada força do gel à baixas concentrações, baixa viscosidade em solução, alta transparência e temperatura de fusão e gelificação bem definidas.

O ágar é produzido comercialmente de algas vermelhas, especificamente *Gracilaria* (85%), *Gelidium* (13%) e em menor quantidade de *Pterocladia* e *Gelidiella*. Estas algas são amplamente distribuídas em todo o mundo, mas as fontes mais importantes são encontradas no Japão, Espanha, Portugal, Marrocos, Senegal, Chile, México, Estados Unidos, África do Sul, Índia, Filipinas e Madagascar (Imeson, 2009).

O ágar pode ser obtido facilmente e naturalmente da alga apenas fervendo em água quente. No entanto, para certas espécies de *Gracilaria*, que produzem ágar nativo com baixa força do gel, a modificação molecular é normalmente necessária para que possa atender às especificações do ágar comercial. O método da modificação molecular mais comum é através da alcalinização (Armisen et al., 2000). Os principais campos de aplicação do ágar são: indústria de alimentos, farmacêutica, cosmética e em biotecnologia.

### 3.6.2. Carragenana

A carragenana é um hidrocoloide extraído de algas vermelhas dos gêneros *Chondrus*, *Kappaphycus*, *Euclima*, *Hypnea*, *Iridaea* e *Gigartina*. A denominação “carragenana” provém da palavra “carrageen” que significa “alga” em gálico, ou do nome “carraghen”, distrito irlandês onde, desde há cinco séculos se colhe a alga vermelha *Chondrus crispus*. A carragenana constitui uma família de polissacarídeos lineares sulfatados ( $\text{SO}_4^{3-}$ ), de alto peso molecular, com conteúdo de éster sulfato de 15 a 40%. Esse polissacarídeo é composto por unidades alternadas de D-galactose e 3,6-anidrogalactose (3,6 AG), unidas por ligações glicosídicas  $\alpha$ -(1,3) e  $\beta$ -(1-4). Existe três tipos principais de carragenanas (*Kappa*, *Iota* e *Lambda*), que diferem entre si pela posição e número de grupos sulfatados, bem como pelo conteúdo de 3,6-anidrogalactose (Rhein-Knudsen et al., 2015) (Tab. 4.2). As carragenanas do tipo *Kappa* ( $\kappa$ ) formam géis firmes e quebradiços, as do tipo *Iota* ( $\iota$ ) formam um gel macio e elástico e o *Lambda* ( $\lambda$ ) não



gelificam. Devido ao seu alto grau de sulfatação, o tipo *lambda* é a carragenana mais solúvel em água, proporcionando uma textura cremosa (Thành et al., 2001).

A carragenana desempenha um papel importante nas formulações nos dias atuais, proporcionando textura, estrutura e estabilidade física em produtos alimentares. Esse hidrocoloide, devido suas excelentes propriedades funcionais, é frequentemente usado em alimentos, laticínios e indústria de panificação (**ex:** sorvete, geleia, pão, queijo, carnes e embutidos, xaropes, molhos, etc.) (Imeson, 2009). As carragenanas possuem também várias propriedades farmacêuticas como anticoagulante, antitrombótica, antiviral, antitumoral, redução do colesterol e atividades antioxidantes (Abdul Khalil et al., 2018).

### 3.6.3. Alginatos

Alginatos são polímeros encontrados nas paredes celulares de várias espécies de algas marrons (Phaeophyceae). Esse copolímero de origem natural, é um componente importante em diversas espécies de algas marrons, no entanto, os gêneros *Laminaria*, *Macrocystis* e *Ascophyllum* são os mais utilizados para a produção comercial (Draget et al., 2006). A concentração dessa substância é relativamente alta, podendo variar de 15 a 40% do peso seco. O alginato é um polissacarídeo linear constituído por duas unidades monoméricas, o ácido  $\alpha$ -L-gulurônico (G) e  $\beta$ -D-manurônico (M) (Tab. 4.2). Estas unidades se agrupam em blocos sequenciais MM e MG unidos por ligações glicosídicas  $\beta$  (1-4) e blocos GG por ligações  $\alpha$  (1-4). A composição química do alginato varia em função da espécie, condições de crescimento, estação do ano e também entre as diferentes partes da alga. Ele é responsável pela flexibilidade da alga no ambiente natural, tendo função mecânica e estrutural, além de importante papel nas trocas iônicas (Milani & Maleki, 2012).

Desde que foi descoberto por Stanford em 1881, o alginato tem sido usado em uma ampla gama

de indústrias, tais como alimentos, impressão têxtil, papel e produtos farmacêuticos. Atualmente o alginato vem sendo utilizado em aplicações inovadoras na área médica e farmacêutica. Ele é usado em diversas aplicações biomédicas incluindo a engenharia de tecidos, liberação controlada de fármacos, formulações para prevenção de refluxo gastroesofágico, cicatrização de feridas, entre outras. Estudos recentes mostram que o alginato é responsável por uma série de bioatividades importantes para a saúde humana e animal, os quais desempenham função anticancerígena, anti-hipertensiva, antibacteriana, antisséptica e antitóxica, além de reduzir o colesterol (Holdt & Kraan, 2011).

## 4. DISTRIBUIÇÃO DAS MACROALGAS NO BRASIL COM ENFÂSE NA REGIÃO NORDESTE

O Brasil possui uma das maiores faixas costeiras do mundo, com cerca de 8.000 km de extensão. Esta faixa litorânea, compreendida entre os paralelos 5°N e 35°S, é caracterizada por águas mornas nas costas Norte e Nordeste e mais frias nas costas Sudeste e Sul, o que possibilita uma grande variedade de ecossistemas, que incluem praias, costões rochosos, recifes, manguezais e lagunas (Brasil, 2007). Além disso, apresentam diversas condições de trofia, incluindo águas oligotróficas e eutróficas, assim como diferentes graus de hidrodinamismo. Em resposta a essa grande diversidade ambiental, a costa brasileira apresenta uma extraordinária diversidade de macroalgas. Entretanto, devido aos aspectos geográficos, climatológicos e oceanográficos, a diversidade algal não se encontra igualmente distribuída ao longo da costa.

Em função de certas características florísticas, Oliveira-Filho (1977) propôs a divisão da costa brasileira em 4 zonas distintas:

- 1) zona Norte ou equatorial (Amapá ao extremo Oeste do Ceará),
- 2) zona Nordeste-Leste ou Ocidental (Ceará ao Espírito Santo),
- 3) zona Sudeste (Rio de Janeiro a São Paulo) e
- 4) zona Sul (sul de São Paulo ao Rio Grande do Sul).

A zona norte foi descrita como uma área pobre em espécies, devido à alta turbidez e baixa salinidade causada pelo grande aporte de água doce dos rios Amazonas e Tocantins. A zona Nordeste-Leste foi apontada como a mais diversificada, com parâmetros ambientais relativamente constantes ao longo do ano e substrato formado por áreas recifais (*beach-rocks*). A zona Sudeste foi caracterizada pela presença de costões rochosos, diversas enseadas e alta riqueza em espécies. A zona Sul, por sua vez, foi caracterizada pela presença de extensas praias de areia, redução de substrato duro e pobreza no número de espécies algais.

Posteriormente, uma revisão bibliográfica (Horta et al., 2001) agrupou as espécies algais em apenas duas regiões principais, sendo uma tropical e outra temperada quente. A região tropical estaria compreendida entre o estado do Amapá até a Bahia, enquanto a temperada quente se estenderia do estado do Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul. Esta nova classificação fitogeográfica é bastante semelhante à descrita por Oliveira-Filho (1977), porém com algumas peculiaridades, como por exemplo, a presença de uma área de transição, representada pelo estado do Espírito Santo. Esta área apresenta uma grande diversidade composta por espécies da zona tropical e temperada quente. Toda essa diversidade é favorecida pela presença de formações recifais, substratos rochosos, substrato consolidado formado por concreções biogênicas e extensos bancos de rodolitos, que favorecem a fixação das algas. Um outro agrupamento, mencionado no estudo se refere a uma área dominada por manguezais, a qual é caracterizada por baixa salinidade e alta turbidez causada pelo aporte de água doce de numerosos rios. As áreas

com essas características apresentam um número bastante reduzido de espécies, tendo como principal representante o grupo “*Bostrychietum*” (Oliveira, 1998).

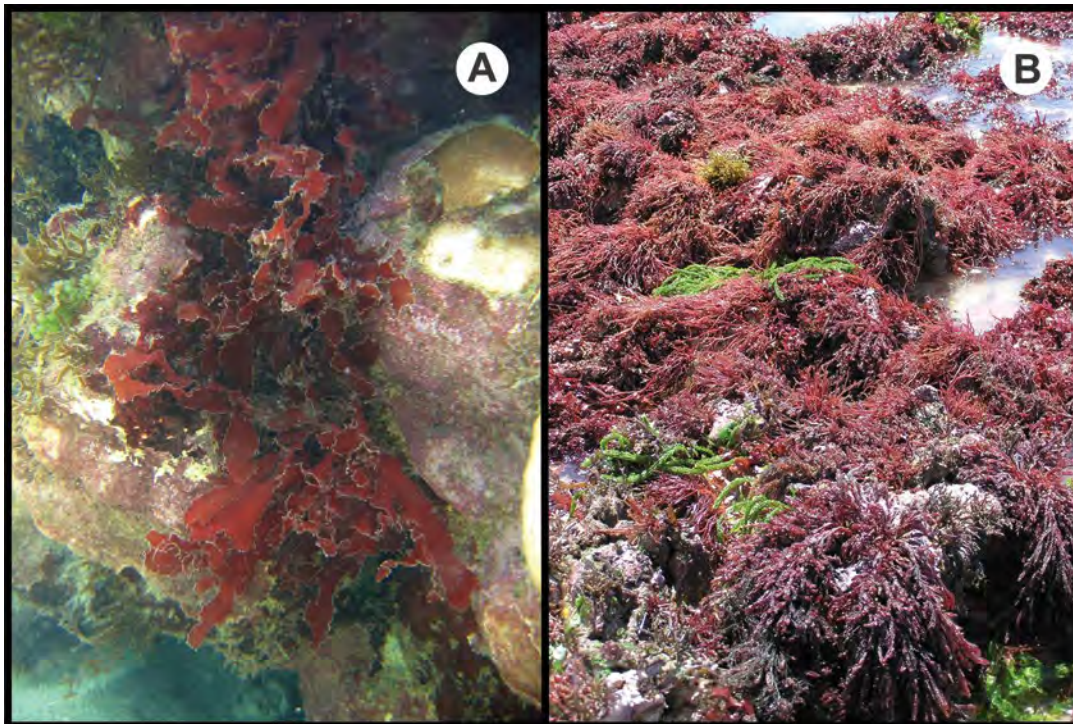
Em geral, os bancos algais revelam uma composição multiespecífica. As espécies mais representativas pertencem a ordem Caulerpales, Dictyotales e Ceramiales, além de agarófitas (*Gracilaria* spp.) e *Sargassum*. Na zona intertidal é muito comum encontrar algas *turfs* (algas formadoras de tapete) intercaladas com outras espécies mais robustas, tais como, *Acanthophora*, *Gracilaria*, *Gelidium* e espécies do complexo *Laurencia*. Os bancos de *Laminaria* só são encontrados na zona temperada quente, em profundidades superiores a 30 m, ficando sua distribuição restrita a região de Cabo Frio no Rio de Janeiro (Oliveira, 1998). Cerca de 774 táxons infragenéricos de macroalgas marinhas (482 Rhodophyta, 191 Chlorophyta e 101 Charophyta) são conhecidas para a costa brasileira (Fujii et al., 2008). No entanto, esses valores são seguramente subestimados, considerando que existem locais jamais inventariados e a necessidade de revisão taxonômica de alguns grupos.

Na região Nordeste do Brasil, a diversidade de macroalgas está relacionada principalmente aos parâmetros ambientais relativamente constantes ao longo do ano (temperatura, salinidade e luz) e ao substrato duro. Esse substrato é formado predominantemente por arrecifes de arenito incrustado por algas calcárias, propícios ao estabelecimento de comunidades algais (Marinho-Soriano, 1999; Horta et al., 2001). Em geral, esses recifes são resultantes da consolidação de antigas linhas de praias ou de bancos de areia consolidada, cuja formação foi originada há milhares de anos, influenciada pelas variações do nível do mar (Correia & Sovierzoski, 2005). Nesses ecossistemas recifais, em adição às macroalgas são encontrados uma infinidade de espécies bentônicas (organismos incrustantes, sedentários e vágeis), as quais proporcionam condições adequadas para a sobrevivência de outros animais, incluindo espécies de potencial econômico.

Existem vários estudos sobre taxonomia de macroalgas marinhas (Concentino, 2009; Pereira et al., 2002; Silva, 2010; Nunes, 2010; Santos & Nunes, 2015), biogeografia (Schermer et al., 2013), biologia (Carneiro et al., 2011), bioquímica (Castro et al., 2016; Chagas et al., 2020), além de trabalhos voltados à ecologia aplicada (Marinho-Soriano et al., 2006; Bezerra & Marinho-Soriano, 2010; Fernandes et al., 2017; Trigueiro et al., 2017; Brito et al., 2018) de diversas espécies. A maioria desses trabalhos foram realizados em águas rasas, não ultrapassado dez metros de profundidade e em sistemas de aquicultura. Os primeiros estudos com algas de profundidades (10 a 45 metros) foram realizados no âmbito do “Projeto Algas” (Pereira et al., 1981). Esse estudo pioneiro, revelou uma maior riqueza dos bancos algais nas áreas recifais (Marinho-Soriano, 2017). Mais recentemente, o Programa REVIZEE (Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva brasileira), forneceu dados da flora ficológica que abrangeu toda a costa brasileira (Yoneshigue-Valentin et al., 2006). Na região Nordeste, as algas foram coletadas do Piauí até Salvador, incluindo as ilhas oceânicas de

Fernando de Noronha, Atol das Rocas e Arquipélago de São Pedro e São Paulo, em profundidades variando de 28 a 81 metros. Nesse levantamento, o maior número de espécies foi registrado entre as profundidades de 30 a 35 metros (Guimarães et al., 2008; Pereira et al., 2019).

Extensos bancos de algas de potencial econômico são encontrados na região Nordeste, destacando-se os bancos de algas calcárias (rodolitos) e os de algas agarófitas (algas produtoras de ágar) (Fig. 4.9). Os rodolitos estão distribuídos em todo o litoral do Nordeste, no entanto, na porção mais ao sul da região estão as maiores concentrações de algas calcárias de vida livre, sendo os principais depósitos de carbonato biogênico da costa e representando o maior ambiente deposicional mundial de carbonato (Testa & Bosence, 1999). As algas agarófitas, agrupando diversas espécies da família Gracilariaceae, são encontradas frequentemente nas áreas recifais formando bancos multiespecíficos. Tradicionalmente essas algas têm sido coletadas na zona intertidal e comercializadas para a produção de ágar (Oliveira, 1998; Rebours et al., 2014; Marinho-Soriano, 2017).



**Figura 4.9**  
Bancos de macroalgas marinhas da região Nordeste: **A)** Rodolitos e **B)** Agarófitas.

Apesar da importância dos bancos algais para os ecossistemas costeiros, o declínio na cobertura macroalgal tem sido observado ao longo da área litorânea. A degradação dos habitats naturais, devido a urbanização e poluição, são as principais causas de perda da biodiversidade. Nas últimas décadas, tem havido uma diminuição acentuada da biomassa algal, em especial de algas agarófitas (*Gracilaria* spp.), comercializadas para a extração de ágar. Esta redução tem sido causada pela exploração predatória e a falta de uma política de manejo adequada para esses recursos naturais (Marinho-Soriano, 2017). Tanto as algas agarófitas, como os rodólitos constituem bancos heterogêneos, com alta biodiversidade e devem ser tratados com atenção em relação à sua conservação e uso sustentável.

Diante da pressão exercida, é necessário que programas de manejo sejam desenvolvidos e implementados para ajudar na integridade e conservação das macroalgas e dos recursos associados. Para que isso se concretize é essencial um monitoramento científico rigoroso e um sistema de gestão adequado que mantenha a conservação dos recursos por longo prazo. Além disso, as práticas e técnicas de colheita sustentáveis, assim como, avaliações econômicas cuidadosas são imprescindíveis para a exploração sustentável desses recursos (Monagail et al., 2017). Ademais, a utilização racional desses recursos naturais pode ser alcançada com a ajuda de licenças, cotas e sistema de rodízio que garantam a manutenção dos estoques.

## REFERÊNCIAS

- Abdul Khalil, H. P. S.; Lai, T. K.; Tye, Y. Y.; Rizal, S.; Chong, E. W. N.; Yap, S. W.; Hamzah, A. A.; Nurul Fazita, M. R.; Paridah, M. T. **A review of extractions of seaweed hydrocolloids: properties and applications.** EXPRESS Polymer Letters, v. 12, n. 4, p. 296-317, 2018.
- Anis, M.; Ahmed, S.; Hasan, M. M. **Algae as nutrition, medicine and cosmetic: The forgotten history, present status and future trends.** World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, v. 6, n. 6, p. 1934-1959, 2017.
- Armisen, R.; Galatas, F.; Hispanagar, S.A. Agar. In: Phillips, G.O.; Williams, P.A. (ed.). **Handbook of Hydrocolloids.** Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd. Chap. 2, p. 21-40, 2000.
- Arzel P. **Etude sur l'aménagement traditionnel de l'exploitation des algues dans le Léon.** FAO fisheries technical paper 249. Roma: Food & Agriculture Org., 1984. 62 p.
- Barbosa, M.; Valentão, P.; Andrade, P. B. **Bioactive compounds from macroalgae in the new Millennium: Implications for neurodegenerative diseases.** Marine drugs, v. 12, n. 9, p. 4934-4972, 2014.
- Baumann, H.; Doherty, O. **Decadal changes in the world's coastal latitudinal temperature gradients.** PLoS ONE, v. 8, n. 6, 67596, 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067596>.
- Baweja, P.; Kumar, S.; Sahoo, D.; Levine, I. **Biology of Seaweeds.** In: LEVINE, I.; FLEURENCE, J. (ed.). Seaweed in Health and Disease Prevention. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Inc. Chap. 3, p. 41-106, 2016.
- BEZERRA, A.F.; MARINHO-SORIANO, E. **Cultivation of the red seaweed *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta) in tropical waters of northeast Brazil.** Biomass and Bioenergy, v. 34, n. 12, p. 1813-1817, 2010.
- Bischof, K.; Gómez, I.; Molis, M.; Hanelt, D.; Karsten, U.; Lüder, U.; Roleda, M.Y.; Zacher, K.; Wiencke, C. **Ultraviolet radiation shapes seaweed communities.** Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, v. 5, n. 2-3, p. 141-166, 2006.
- Bleakley, S.; Hayes, M. **Algal Proteins: Extraction, application, and challenges concerning production.** Foods, v. 6, n. 5, 33, 2017. <https://doi.org/10.3390/foods6050033>.
- Blunt, J.W.; Copp, B.R.; Keyzers, R.A.; Munro, M.H.G.; Prinsep, M.R. **Marine natural products.** Natural Product Reports, v. 31, p. 160-258, 2014.
- Bradley, K.; Houser, C. A. **Relative velocity of seagrass blades: Implications for wave attenuation in low-energy environments.** Journal of Geophysical Research Atmospheres, v. 114, F01004, 2009. <https://doi.org/10.1029/2007JF000951>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira: Atualização- Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007.** Brasília, DF: MMA, 2007, 328 p.
- Brito, L.O.; Cardoso Junior, L.D.O.; Lavander, H.D.; Abreu, J.L.D.; Severi, W.; Gálvez A.O. **Bioremediation of shrimp biofloc wastewater using clam, seaweed and fish.** Chemistry and ecology, v. 34, n. 10, p. 901-913, 2018.
- Cabrita, A.R.J.; Maia, M.R.G.; Oliveira, H.M.; Sousa-Pinto, I.; Almeida, A.A.; Pinto, E.; Fonseca, A.J.M. **Tracing seaweeds as**

- mineral sources for farm-animals.** *Journal of Applied Phycology*, v. 28, n. 5, p. 3135–3150, 2016.
- CARNEIRO, M. A. A. **Fenologia, aspectos ecofisiológicos e seleção de linhagens em cultivos no mar de *Gracilaria birdiae*.** 134 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas, Botânica). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.
- CARNEIRO, M.A.A.; MARINHO-SORIANO, E.; PLASTINO, E.M. **Phenology of an agarophyte *Gracilaria birdiae* Plastino and EC Oliveira (*Gracilariales, Rhodophyta*) in northeastern Brazil.** *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 21, n. 2, p. 317-322, 2011.
- CASTRO, L.S E.P.W.; CASTRO, A.J.G.; SANTOS, M.S.N. ; PINHEIRO,T.S.; FLORENTIN, K.Q.; ALVES, L.G.; MARINHO-SORIANO, E.; ARAUJO, R.M.; LEITE, E.L. **Effect of galactofucan sulfate of a brown seaweed on induced hepatotoxicity in rats, sodium pentobarbital-induced sleep, and anti-inflammatory activity.** *Journal of Applied Phycology*, v. 28, p. 2005-2017, 2016.
- CHAGAS, F.D.S.; LIMA, G.C.; SANTOS, V.I.N.; COSTA, L.E.C.; SOUSA, W.M.; SOMBRA, V.G.; ARAÚJO, D.F.; BARROS, F.C.N.; MARINHO-SORIANO, E.; FEITOSA, J.P.; DE PAULA, R.C.M.; PEREIRA, M.G.; FREITAS, A.L.P. **Sulfated polysaccharide from the red algae *Gelidiella acerosa*: Anticoagulant, antiplatelet and antithrombotic effects.** *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 159, p. 415-421, 2020.
- CHAPPUIS, E.; TERRADAS, M.; CEFALÌ, M.E.; MARIANI, S.; BALLESTEROS, E. **Vertical zonation is the main distribution pattern of littoral assemblages on rocky shores at a regional scale.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 147, p. 113-122, 2014.
- Christie, H.; Norderhaug, K.M.; Fredriksen, S. **Macrophytes as habitat for fauna.** *Marine Ecology Progress Series*, v. 396, p. 221-233, 2009.
- CHAPMAN, V.J.; CHAPMAN D.J. **Seaweeds and their uses.** 3. ed. London: Chapman & Hall, 1980.334 p.
- Collins, K. G.; Fitzgerald, G. F.; Stanton, C.; Ross, R. P. **Looking beyond the terrestrial: the potential of seaweed derived bioactives to treat non-communicable diseases.** *Marine Drugs*, v. 14, n. 3, 60, 2016. <https://doi.org/10.3390/md14030060>.
- CONCENTINO, A.L.M. **Flora de Profundidade do Litoral Setentrional da Baía Potiguar (RN), Brasil, Com Ênfase em Chlorophyta.** 115f. Tese (Doutorado em Oceanografia)- Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.
- CORREIA, M.D.; SOVIERZOSKI, H.H. **Ecosistemas marinhos: recifes, Praias e Manguezais.** Série conversando sobre ciências em alagoas. Maceió. EDUFAL. 2005. 59 p.
- COUTINHO, R.; ZALMON, I. R. **O bentos de costões rochosos.** In: Pereira, R.C.; Soares-Gomes, A. (org.). *Biologia Marinha*. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciências. Cap. 11, p. 281-297, 2009.
- CRAIGIE, J. S. **Seaweed extract stimuli in plant Science and agriculture.** *Journal of Applied Phycology*, v. 23, n. 3, p. 371-393, 2011.
- CROCEL, R.; VAN AMERONGEN, H. **Natural strategies for photosynthetic light harvesting.** *Nature chemical biology*, v. 10, n. 7, p. 492-501, 2014.
- Cruz-Suárez, L.E.; Tapia Salazar, M.; Nieto López, M.G.; Ricque, D.A. **Review of the effects of macroalgae in shrimp feeds and in co-culture.** In: *Avances en Nutrición Acuicola*, 9., 2008, Simposio Internacional de Nutrición Acuicola, 9., Nuevo León, México. *Anais [...]*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. p. 304–333. 2008.
- Dawes, C. J. **Marine botany**, 2. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1998. 496 p.
- Delaney, A.; Frangoudes, K.; LI, S. A. **Society and Seaweed: Understanding the Past and Present.** In: LEVINE, I.; FLEURENCE, J. (ed.). *Seaweed in Health and Disease Prevention*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Inc. Chap. 2, p. 7-40, 2016.
- Dias, D.A.; Urban, S.; Roessner, U. **A historical overview of natural products in drug discovery.** *Metabolites*, v. 2, n. 2, p. 303–336, 2012.
- Diaz-Pulido, G.; McCook, L. J. Macroalgae (seaweeds). In: Chin, A. (ed.). **The state of the Great Barrier Reef on-line.** Townsville: Great Barrier Reef Marine Park Authority, 2008. Disponível em: [http://www.gbrmpa.gov.au/corp\\_site/info\\_services/publications/sotr/downloads/SORR\\_Macroalgae.pdf](http://www.gbrmpa.gov.au/corp_site/info_services/publications/sotr/downloads/SORR_Macroalgae.pdf). Acesso em: maio 2019.
- Dillehay, T. D., Ramírez, C.; Pino, M.; Collins, M. B.; Rossen, J.; Pino-Navarro, J. D. **Monte Verde: Seaweed, food, medicine, and the peopling of South America.** *Science*, v. 320, p. 784–786, 2008.
- Domingos, I.; Gameiro, C.; Ferreira, A.; Adão, H.; Amorim, A.; Brotas, V.; Cabral, H.; Chainho, P.; Costa, J.L.; Gordo, L.S.; Newton, A.; Sousa, F.; Teixeira, H.; Vieira, A.R.; Zilhão, R.; Brito, A.C. **Ecosistemas da Plataforma Continental.** Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos, 2017. 144 p.
- Draget, K. I.; Moe, S. T.; Skjak-Braek, G.; Smidsrod, O. Alginates. In: Stephen, A. M.; Phillips, G. O.; Williams, P.A. (ed.). **Food polysaccharides and their applications.** 2 ed. Boca Raton, FL: CRC Press. Chap. 9, p. 289–334, 2006.
- Dumay, J.; Moranças, M. Proteins and Pigments. In: LEVINE, I.; FLEURENCE, J. (ed.). **Seaweed in Health and Disease Prevention.** Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Inc.. Chap. 9, p. 275- 318, 2016.
- Elizondo-González, R.; Quiroz-Guzmán, E.; Escobedo-Fregoso, C.; MagallónServín, P.; Peña-Rodríguez, A. **Use of seaweed *Ulva lactuca* for water bioremediation and as feed additive for white shrimp *Litopenaeus vannamei*.** *PeerJ*, v. 6, 4459. 2017. <https://doi.org/10.7717/peerj.4459>

- Ertani, A., Francioso, O., Tinti, A., Schiavon, M., Pizzeghello, D., Nardi, S. **Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches.** *Frontiers in Plant Science*, v. 9, 428. 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00428>.
- Evans, F.D.; Critchley, A.T. **Seaweeds for Animal Production Use.** *Journal of Applied Phycology*, v. 26, p. 891-899, 2014.
- Falkowski, P. G.; RAVEN, J. A. (ed.) **Aquatic Photosynthesis.** 2. ed. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2013, 488 p.
- Fernandes, F.O.; Oliveira, S. R.; Klein, V.; Carneiro, M.A.A.; Colepicolo, P.; Marinho-Soriano, E. **Effect of fertilization pulses on the production of *Gracilaria birdiae* seedlings under laboratory and field conditions.** *Journal of Applied Phycology*, v. 29, n. 2, p. 695-705, 2017.
- Fleurence, J. Seaweed proteins. In: YADA, R. Y. (ed.) **Proteins in food processing.** Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd.. Chap. 9, p. 197–213, 2004.
- Fleurence, J. Seaweeds as Food. In: Fleurence, J.; Levine, I. (ed.). **Seaweed in health and disease prevention.** Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Inc.. Chap. 5, p. 149-167, 2016.
- Fong, P.; Paul, V. J. Coral reef algae. In: Dubinsky, Z.; Stambler, N. (ed.). **Coral reefs: an ecosystem in transition.** Dordrecht: Springer Netherlands. Chap. 17, p. 241–272, 2011.
- FUJII, M.T.; BARATA, D.; CHIRACAVA, S.; GUIMARÃES, S.M.P.B. **Cenário brasileiro da diversidade de algas marinhas bentônicas e sua contribuição para a política de conservação dos recursos naturais e do meio ambiente.** In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 59., Natal. Anais: Atualidades, Desafios e Perspectivas da Botânica no Brasil. Natal: IMAGEM GRÁFICA E EDITORA Ltda., 2008. p. 375-377.
- Gantt, E.; Cunningham Jr., F. **Algal pigments.** In: *Encyclopedia of Life of Sciences.* New York: John Wiley & Sons, Inc.. Chap. 1, p. 1–5, 2001.
- Gaubert, J.; Payri, C. E.; Vieira, C.; Solanki, H.; Thomas, O. P. **High metabolic variation for seaweeds in response to environmental changes: a case study of the brown algae *Lobophora* in coral reefs.** *Scientific Reports*, v. 9, 993, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38177-z>.
- GUIMARÃES, N.C.L.; REIS, T.N.V.; COCENTINO, A. **Chlorophyta bentônicas da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste Brasileiro (REVIZEE NE-I).** *Insula*, v. 37, p. 35-52, 2008.
- Häder, D. P.; Williamson, C. E.; Wangberg, S. A.; Rautio, M.; Rose, K. C.; Gao, K.; Helbling, E. W.; Sinha, R. P.; Worrest, R. **Effects of UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with other environmental factors.** *Photochemical Photobiological Sciences*, v. 14, n. 1, p. 108–126, 2015.
- Hansen, H. R.; Hector, B. L.; Feldmann, J. **A qualitative and quantitative evaluation of the seaweed diet of North Ronaldsay sheep.** *Animal Feed Science and Technology*, v. 105, n. 1/4, p. 21-28, 2003.
- Harley, C. D. G. **Climate change, keystone predation, and biodiversity loss.** *Science*, v. 334, n. 6059, p. 1124–1127, 2011.
- Harley, C. D. G.; Anderson, K. M.; Demes, K. W.; Jorve, J. P.; Kordas, R. L.; Coyle, T. A.; Graham, M. H. **Effects of climate change on global seaweed communities.** *Journal of Phycology*, v. 48, n. 5, p. 1064–1078, 2012.
- Hasselström, L.; Wisch, W.; Gröndahl, F.; Nylund, G. M.; Pavia, H. **The impact of seaweed cultivation on ecosystem services - a case study from the west coast of Sweden.** *Marine Pollution Bulletin*, v. 133, p. 53–64, 2018.
- Hastings, A.; Byers, J.E.; Crooks, J.A.; Cuddington, K.; Jones, C.G.; Lambrinos, J.G.; Talley, T.S.; Wilson, W.G. **Ecosystem engineering in space and time.** *Ecology Letters*, v. 10, n. 2, p. 153–164, 2007.
- Hay, M. E. **Marine chemical ecology: chemical signals and cues structure marine populations, communities, and ecosystems.** *Annual Review of Marine Science*, v. 1, p. 193-212, 2009.
- Hindu, S. V.; Chandrasekaran, N.; Mukherjee, A.; Thom, J. **A review on the impact of seaweed polysaccharide on the growth of probiotic bacteria and its application in aquaculture.** *Aquaculture International*, v. 27, n. 1, p. 227–238, 2019.
- HIR, P. L.; Monbet, Y.; Orvain, F. **Sediment erodibility in sediment transport modelling: Can we account for biota effects?** *Continental Shelf Research*, v. 27, n. 8, p. 1116-1142, 2007.
- Holdt, S. L.; Kraan, S. **Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation.** *Journal of Applied Phycology*, v. 23, n. 3, p. 543-597, 2011.
- HORTA, P. A.; AMANCIO, E.; COIMBRA, C. S.; OLIVEIRA, E. C. **Considerações sobre a distribuição e origem da flora de macroalgas marinhas brasileiras.** *Hoehnea*, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 243-265, 2001.
- Hurd, C. L.; Harrison P. J.; Bischof, K.; Lobban, C.S. **Seaweed Ecology and Physiology.** 2. ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2014. 551 p.
- Imeson, A. Agar. In: Imeson, A. **Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents.** New York, NY: Wiley-Blackwell. Chap. 3, p. 31–49, 2009.
- Jackson, E. L.; Langmead, O.; Beaumont, N.; Potts, T.; Hattam, C.A. **Seagrass Ecosystem Interactions with Social and Economic Systems.** Defra, UK: UK Defra Funded Study. 2012. 59 p.
- Jaspars, M.; De Pascale, D.; Andersen, J.H.; Reyes, F.; Crawford, A.D.; Ianora, A. **The marine biodiscovery pipeline and ocean medicines of tomorrow.** *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 96, n. 1, p. 151–158, 2016.

- JERNAKOFF, P.; BREARLEY, A.; NIELSEN, J. **Factors affecting grazer-epiphyte interactions in temperate seagrass meadows.** In: Ansell, A. D.; Gibson, R. N.; Barnes, M. (ed.). *Oceanography and marine biology: an annual review.* v. 34, London: UCL Press. p. 109-162, 1996.
- Jiménez, E.; Dorta, F.; Medina, C.; Ramírez, A.; Ramírez, I.; Peña-Cortés, H. **Anti-phytopathogenic activities of macro-algae extracts.** *Marine drugs*, v. 9, n. 5, p. 739–756, 2011.
- Kazir, M.; Abuhassira, Y.; Robin, A.; Nahor, O.; Luo, J.; Israel, A.; Golberg, A.; Livney, Y. D. **Extraction of proteins from two marine macroalgae, *Ulva sp.* and *Gracilaria sp.*, for food application, and evaluating digestibility, amino acid composition and antioxidant properties of the protein concentrates.** *Food Hydrocolloids*, v. 87, p. 194–203, 2019.
- Kiliñç, B.; Cirik, s.; Turan, g.; Tekogul, h.; Koru, e. **Seaweeds for food and industrial applications.** In: Muzzalupo, I. (ed.). *Food Industry.* London, UK: IntechOpen,. Chap. 31, p. 735-747, 2013
- Koutsaviti, A.; Ioannou, E.; Roussis, V. **Bioactive seaweed substances.** In: Qin, Y. (ed.). **Bioactive Seaweeds for Food Applications: Natural Ingredients for Health Diets.** Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Inc. Chap. 2, p. 25-52, 2018.
- Lauret M.; Oheix J.; Derolez, V.; Laugier, T. **Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes du Languedoc-Roussillon.** Réseau de Suivi Lagunaire (Ifremer, Cépralmar, Agence de l'Eau RM&C, Région Languedoc-Roussillon), 2011. 148 p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00043/15416/>
- LEE, R. E. **Phycology.** 5. ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2018. 546 p.
- Lewis, S.M.; J.N. Norris, R.B. Searles. **The regulation of morphological plasticity in tropical reef algae by herbivory.** *Ecology*, v. 68, pp. 636-641, 1987.
- Littler, D. S.; Littler, M. M. **Caribbean Reef Plants.** Washington, DC: Offshore Graphics, Inc., 2000. 543 p.
- Liu, X.; Bogaert, K.; Engelen, A. H.; Leliaert, F.; Roleda, M. Y.; Clerck, O. **Seaweed reproductive biology: environmental and genetic controls.** *Botanica Marina*, v. 60, n. 2, p. 89-108, 2017.
- Lobban, C.S.; Harrison, P.J. **Seaweed ecology and physiology.** Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 366 p.
- LÜnning, K. **Seaweeds: Their Environment, Biogeography, and Ecophysiology.** New York: John Wiley & Sons, Inc., 1990. 544 p.
- Løvås, S.M.; Tørum, A. **Effect of the kelp *Laminaria hyperborea* upon sand dune erosion and water particle velocities.** *Coastal Engineering*, v. 44, n. 1, p. 37-63, 2001.
- Mahadevan, K. **Seaweeds: a sustainable food source.** In: Tiwari, B. K.; Troy, D. J. (ed.). **Sustainability food and non-food applications.** Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Inc. Chap. 13, p. 347-364, 2015.
- Makkar, H. P. S.; Tran, G.; Heuzé, V.; Giger-Reverdin, S.; Lessire, M.; Lebas, F.; Ankers, P. **Seaweeds for livestock diets: A review.** *Animal Feed Science and Technology*, v. 212, p. 1-17, 2016.
- MARINHO-SORIANO, E. **Historical context of commercial exploitation of seaweeds in Brazil.** *Journal of Applied Phycology*, v. 29, n. 2, p. 665-671, 2017.
- MARINHO-SORIANO, E. **Estudos sobre macroalgas marinhas.** In: CHELLAPA, S.; MARINHO-SORIANO, E.; CÂMARA, M. R.; AMADO, A. M. *Ciências aquáticas: 50 anos de pesquisa no Rio Grande do Norte, Brasil.* Natal, RN: EDUFRN, Cap. 3. p. 61-78, 2013.
- MARINHO-SORIANO, E. **Species composition of seaweeds in Búzios beach, Rio Grande do Norte, Brazil.** *Seaweed Res. Utilin*, v. 21, n. 1, p. 9-13, 1999.
- MARINHO-SORIANO, E.; CARNEIRO, M. A. A.; Soriano, J-P. **Manual de identificação das Macoralgas marinhas do litoral do Rio Grande do Norte.** Natal, RN: EDUFRN, 2008, 120 p.
- Marinho-Soriano, E.; Camara, M. R.; Cabral, T. D.; Carneiro, M. A. A. **Preliminary evaluation of the seaweed *Gracilaria cervicornis* (Rhodophyta) as a partial substitute for the industrial feeds used in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming.** *Aquaculture Resources*, v. 38, n. 2, p. 182–187, 2007.
- MARINHO-SORIANO, E.; MOREIRA, W. S. C.; CARNEIRO, M. A. A. **Some aspects of the growth of *Gracilaria birdiae* (Gracilariales, Rhodophyta) in an estuary in northeast Brazil.** *Aquaculture International*, v. 14, n. 4, p. 327-336, 2006.
- Mouritsen, O. G. **Seaweeds edible, available and sustainable.** Chicago, IL: University of Chicago Press, 2013. 304 p.
- McHugh, D. J. **A guide to seaweed industry.** FAO fisheries technical paper 441. Roma: Food & Agriculture Org., 2003. 105 p.
- Milani, J.; Maleki G. **Hydrocolloids in food industry.** In: Valdez, B. (ed.) *Food industrial processes: Methods and equipment.* Rijeka: InTech. Chap. 2, p. 17–21, 2012.
- Monagail, M. M.; Cornish, L.; Morrison, L.; Araújo, R.; Critchley, A. T. **Sustainable harvesting of wild seaweed resources.** *European Journal of Phycology*, v. 52, n. 4, p. 371-390, 2017.
- Nedumaran, T. **Seaweed: A Fertilizer for Sustainable Agriculture.** In: Dhanarajan, A. (ed.) **Sustainable Agriculture towards Food Security.** Singapore: Springer. Chap. 9, p. 159-174, 2017.
- Nejrup, L. B.; Pedersen, M. F. **The effect of temporal variability in salinity on the invasive red algae *Gracilaria vermiculophylla*.** *European Journal of Phycology*, v. 47, n. 3, p. 254-263, 2012.
- Nisizawa, K.; Noda, H.; Kikuchi, R.; Watanabe, T. **The main seaweed foods in Japan.** *Hydrobiologia*, v. 151/152, p. 5-29, 1987.

- Neushul, M. **Energy from marine biomass: The historical record.** In: Bird, K. T., Benson, P. H. (ed.). *Seaweed Cultivation for Renewable Resources.* Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1987. p. 1–37.
- NUNES, J.M.C. **Taxonomia morfológica: metodologia de trabalho.** In: PEDRINI, A. de G (Org.). *Macroalgas: Uma introdução a sua taxonomia.* Rio de Janeiro: Technical Books. Cap. 1, p. 54-70, 2010.
- Oliveira, E. C. **The seaweed resources of Brazil.** In: Critchley, A. T.; Ohno, M. (ed.) *Seaweed resources of the world.* Yokosuka: Japan International Cooperation Agency. Chap. 33 p. 366–371, 1998.
- Oliveira-Filho, E. C. **Algas marinhas bentônicas do Brasil.** Tese (Livro-Docência)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977.
- Orton, F.; Pollock, G. **Avant-Gardes and Partisans Reviewed.** Manchester: Manchester University Press, 1996, 362 p.
- Pecl, G. T.; Araújo, M. B.; Bell, J. D.; Blanchard, J.; Bonebrake, T. C.; Chen, I. C.; Clark, T. D.; Colwell, R. K.; Danielsen, F.; Evengård, B.; Falconi, L.; Ferrier, S.; Frusher, S.; Garcia, R. A.; Griffis, R. B.; Hobday, A. J.; Janion-Scheepers, C.; Jarzyna, M. A.; Jennings, S.; Lenoir, J.; Linnertved, H. I.; Martin, V. Y.; McCormack, P. C.; McDonald, J.; Mitchell, N. J.; Mustonen, T.; Pandolf, J. M.; Pettorelli, N.; Popova, E.; Robinson, S. A.; Schefers, B. R.; Shaw, J. D.; Sorte, C. J. B.; Strugnell, J. M.; Sunday, J. M.; Tuanmu, M.-N.; Vergés, A.; Villanueva, C.; Wernberg, T.; Wapstra, E.; Williams, S. E. **Biodiversity redistribution under climate change: impacts on ecosystems and human well-being.** *Science*, v. 355, n. 6332, aai9214, 2017. <https://doi.org/10.1126/science.aai9214>.
- Peres, J. C. F.; Carvalho, L. R.; Goncalves, E.; Berian, L. O. S.; Felicio, J. D. **Evaluation of antifungal activity of seaweed extracts.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 36, n. 3, p. 294-299, 2012.
- PEREIRA, S.M.B.; OLIVEIRA FILHO, E.C.; ARAUJO, M.S.V.B.; MELO, L.R.P.; CARVALHO, F.A.F.; CAMARA-NETO, C. **Prospecção dos bancos de algas do Estado do Rio Grande do Norte- 2 parte.** Profundidade de 10 a 45 metros. SÉRIE: Brasil, SUDENE. RECIFE. Estudos de Pesca, v. 9, p. 25-81, 1981.
- Pereira, S.M.B.; Oliveira-Carvalho, M.F.; Angeiras, J.A.P.; Bandeira-Pedrosa, M.E.; Oliveira, N.M.B.; Torres, J.; Gestinari, L.M.S.; Cocentino, A.L.M.; Santos, M.D.; Nascimento, P.R.F.; Cavalcanti, D.R. **Algas marinhas bentônicas do Estado de Pernambuco.** In: Tabarelli, M.; Silva, J.M.C. (Orgs.). *Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco.* Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Editora Massangana, Recife, v. 2, pp. 97-124, 2002.
- PEREIRA, R. C.; DA GAMA, B. A. P. **Macroalgal chemical defenses and their role in structuring tropical marine communities.** In: AMSLER, C. D. (Ed.). *Algal Chemical Ecology.* New York: Springer. Chap. 2, p. 25-55, 2008.
- Pereira, R.C.; Costa-Lotufo, L.V. **Bioprospecting for bioactives from seaweeds: potential, obstacles and alternatives.** *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 22, n. 4, p. 894-905, 2012.
- Pereira K.F; Jesus P.B; Nunes, J.M.C. **Biodiversidade de macroalgas marinhas bentônicas do programa REVIZEE.** *SaBios: Rev. Saúde e Biol.*, v. 14, n. 2, p. 8-17, 2019.
- Phang, S.-M.; Chu, W.-L.; Rabiei, R. **Phycoremediation.** In: Sahoo D., Seckbach J. (ed.) **The Algae World.** Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology, vol. 26. Dordrecht: Springer Netherlands. Chap. 13, p. 357-389, 2015.
- Plaza, M.; Cifuentes, A.; Ibáñez, E. **In the search of new functional food ingredients from algae.** *Trends in Food Science & Technology*, v. 19, n. 1, p. 31–39, 2008.
- Price, N. N.; Hamilton, S. L.; Tootell, J. S.; Smith, J. E. **Species specific consequences of ocean acidification for the calcareous tropical green algae *Halimeda*.** *Marine Ecology Progress Series*, v. 440, p. 67-78, 2011.
- Raghavendra, V.B.; Lokesh, S.; Prakash, H.S. **Dravya, a product of seaweed extract (*Sargassum wightii*), induces resistance in cotton against *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum*.** *Phytoparasitica*, v. 35, n. 5, p. 442-449, 2007.
- Rasher, D. B.; Hay, M. E. **Competition induces allelopathy but suppresses growth and anti-herbivore defense in a chemically rich seaweed.** *Proceedings of Royal Society B*, v. 281, n. 1777, 2013.2615, 2014. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2615>.
- Rathore, S. S.; Chaudhary, D. R.; Boricha, G. N.; Ghosh, A.; Bhatt, B. P.; Zodape, S. T.; Patolia, J. S. **Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of Soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions.** *South African Journal of Botany*, v. 75, n. 2, p. 351-355, 2009.
- Rebours, C.; Marinho-Soriano, E.; Zertuche-González, J.A.; Hayashi, L.; Vásquez, J.A.; Kradolfer, P.; Soriano, G.; Ugarte; r. Abreu, m.h; Bay-Larsen, i.; Hovelsrud, g.; Rødven, r.; Robledo, d. **Seaweeds: an opportunity for wealth and sustainable livelihood for coastal communities.** *Journal of Applied Phycology*, v. 26, n. 5, p. 1939-1951, 2014.
- Rhein-Knudsen, N.; Ale, M. T.; Meyer, A. S. **Seaweed hydrocolloid production: An update on enzyme assisted extraction and modification technologies.** *Marine Drugs*, v. 13, n. 6, p. 3340-3359, 2015.
- Robinson, P. K. **Phycotechnology.** In: Greenshields, R. (ed.) **Resources and Applications of Biotechnology.** Palgrave Macmillan, UK: Ed. Rod Greenshields. p. 27-41, 1988.
- SANTOS, G.N., NUNES, J.M.C. **True identity of *Avrainvillea* and *Rhipilia* (Bryopsidales, Chlorophyta) from the Coast of Bahia, Brazil.** *Phytotaxa*, v. 213, n. 2, p. 71-86. 2015.
- Scherner, F.; Horta, P.A.; OLIVEIRA, E.C.; SIMONASSI, J.C.; HALL-SPENCER, J.M.; Chow, F.; Nunes, J.M.C.; PEREIRA, S.m.B. **Coastal urbanization leads to remarkable seaweed species loss and community shifts along the SW Atlantic.** *Marine Pollution Bulletin*, v. 76, p. 106-115, 2013.



- Seca, A. M. L.; Pinto, D. C. G. A. **Plant secondary metabolites as anticancer agents: Successes in clinical trials and therapeutic application.** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 19, n. 1, e263, 2018. <https://doi.org/10.3390/ijms19010263>.
- Sharma, S.; LYONS, G.; McRoberts, C.; MCCALL, D.; Carmichael, E.; Andrew, F.; Swan, R.; McCormack, R.; MELLON, R. **Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: Compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigna mungo* L.) and pak choi (*Brassica rapa chinensis* L.).** *Journal of Applied Phycology*, v. 24, n. 5, p. 1-11, 2014.
- SILVA, I. B. **Algas marinhas bentônicas dos recifes e ambientes adjacentes de Maracajaú, APA dos Recifes de Corais.** RN, Brasil. 377 p. Tese (Doutorado em Biodiversidade vegetal e meio ambiente), Instituto de Botânica de São Paulo, São Paulo, 2010.
- Skrovankova, S. **Seaweed Vitamins as Nutraceuticals.** *Advances in Food and Nutrition Research*, v. 64, p. 357-369, 2011.
- Smale, D. A.; Burrows, M. T.; Evans, A. J.; KING, N. G.; SAYER, M. D.; YUNNIE, A.; MOORE, P. J. **Linking environmental variables with regional-scale variability in ecological structure and standing stock of carbon within kelp forests in the United Kingdom.** *Marine Ecology Progress Series*, v. 542, p. 79–95, 2016.
- Smale, D. A.; Burrows, M. T.; Moore, P.; O'Connor, N.; Hawkins, S. J. **Threats and knowledge gaps for ecosystem services provided by kelp forests: a northeast Atlantic perspective.** *Ecology and Evolution*, v. 3, n. 11, p. 4016–4038, 2013.
- Smit, A. J. **Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: a review.** *Journal of Applied Phycology*, v. 16, n.4, p. 245-262, 2004.
- Stirk, W.; Tarkowska, D.; Turecova, V.; Strnad, M.; Staden, J. **Abscisic acid, gibberellins and brassinosteroids in Kelpak®, a commercial seaweed extract made from *Ecklonia maxima*.** *Journal of Applied Phycology*, v. 26, p. 561-567, 2014.
- Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S. K.; Boschung, J.; Midgley, P. M. (ed.). IPCC- Climate Change 2013: **The Physical Science Basics.** Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY: Cambridge University Press. 2013.
- Sunny, A. R. **A review on effect of global climate change on seaweed and seagrass.** *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, v. 5, n. 6, p. 19-22, 2017.
- TESTA, V.; BOSENCE, D.W.J. **Physical and biological controls on the formation of carbonate and siliciclastic bedforms on the north-east Brazilian shelf.** *Sedimentology*, v. 46, p. 279-301, 1999.
- ThÀnh, T. T. T.; Yasunaga, H.; Takano, R.; Urakawa H.; Kajiwara K. **Molecular characteristics and gelling properties of carrageenan family 2.** Tri-sulfated and tetra-sulfated carrageenans. *Polymer Bulletin*, v. 47, p. 305–312, 2001.
- TRIGUEIRO, T.G.; PEREIRA, D.C.; MARTINS, A. P.; COLEPICOLO, P.; MARINHO-SORIANO, E. **Cultivation of three color strains of *Gracilaria domingensis* in an integrated organic system.** *International Aquatic Research*, v. 9, p. 225-233, 2017.
- Tseng, C. K. **The past, present and future of phycology in China.** *Hydrobiologia*, v. 512, p. 11-20, 2004.
- Valencia, T. R.; Sánchez, A.; costa, L.; Fortis Hernández, M.; Preciado Rangel, P.; Gallegos Robles, M.; Antonio Cruz, R.; Vázquez Vázquez, C. **Effect of seaweed aqueous extracts and compost on vegetative growth, yield, and nutraceutical quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit.** *Agronomy*, v. 8, n. 11, 264, 2018. <https://doi.org/10.3390/agronomy8110264>.
- Wan, A. H. L., Davies, S. J., Soler-Vila, A., Fitzgerald, R.; Johnson, M. P. **Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient.** *Reviews in Aquaculture*, p. 1-35. 2018. <https://doi.org/10.1111/raq.12241>
- Wang, S. B.; JIA, Y. H.; WANG, L. H.; ZHU, F. H.; LIN, Y. T. **Enteromorpha prolifera supplemental level: Effects on laying performance, egg quality, immune function and microflora in feces of laying hens.** *Chinese Journal of Animal Nutrition*, v. 25, p. 1346–1352, 2013.
- Watt, C. A.; Scrosati, R. A. **Bioengineer effects on understory species richness, diversity, and composition change along an environmental stress gradient: experimental and mensurative evidence.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 123, p. 10-18. 2013.
- Williams, S. L.; Smith, J. E. **A global review of the distribution, taxonomy, and impacts of introduced seaweeds.** *The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, v. 38, p. 327-359, 2007.
- Williamson c. E.; Neale, P. J.; Hylander, S.; Rose, K. C.; Figueroa, F. L.; Robinson, S. A.; Häder, D.-P.; Wängberg, S.-Å.; Worrest, r. C. **The interactive effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation, and climate change on aquatic ecosystems.** *Photochemical & Photobiological Sciences*, v. 18, n. 3, p. 717–746, 2019.
- Yoneshigue-Valentin, Y. **Ciclos de vida de algas marinhas pluricelulares.** In: Pereira, R.C.; Soares-Gomes, A. (org.). *Biologia Marinha*. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciências. Cap. 5, p. 95-110, 2009.
- YONESHIGUE-VALENTIN, Y.; GESTINARI, L.M.S.; FERNANDES, D.R.P. Macroalgas. In: LAVRADO, H.P.; IGNACIO, B.L. (Eds.). **Biodiversidade Bentônica da Região Central da Zona Exclusiva Brasileira.** Rio de Janeiro: Museu Nacional. Cap. 2, p. 67-105, 2006.
- Zucca, P.; Lafuente, R. F.; Sanjust, E. **Agarose and its derivatives as supports for enzyme immobilization.** *Molecules*, v. 21, 1577, 2016. <https://doi.org/10.3390/molecules21111577>

# CEFALÓPODES DO NORDESTE BRASILEIRO

5

Françoise Dantas de LIMA<sup>1</sup>  
Lorena Candice de Araujo ANDRADE<sup>2</sup>  
Sylvia Lima de Souza MEDEIROS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

<sup>2</sup> Universidade Federal de Rondônia - UNIR

## 1. CARACTERIZAÇÃO DO GRUPO

Os cefalópodes são representados pelos polvos, lulas, sépias e náutilos, formando uma classe bem definida dentro do filo Mollusca. O nome cefalópode tem origem grega e significa cabeça (*kephale*) ligada aos pés (*podos*), que na realidade funcionam como os braços dos animais. São organismos exclusivamente marinhos, embora haja registros esporádicos de polvos em ambientes estuarinos, inclusive no Nordeste brasileiro (Boyle & Rodhouse, 2015).

Os representantes da classe Cephalopoda habitam todos os oceanos do mundo, desde regiões polares até os mares tropicais. As formas bentônicas são encontradas em recifes de coral, substrato de algas, areia, lama e rochas. A maior parte das espécies conhecidas habita as águas rasas, onde nadam livremente na coluna d'água ou ocupam diferentes tipos de substratos no assoalho marinho (recifes rochosos, fundos arenolamosos, etc.). Entretanto, acredita-se que a maioria das espécies desse grupo passa uma parte significativa de seus ciclos de vida fora da zona eufótica, ocupando áreas do talude marinho, montes oceânicos e fontes hidrotermais nos mares frios até profundidades de 5.000 m (Hoving et al., 2014).

O corpo desses animais possui simetria bilateral e é formado pelo manto, onde estão os órgãos viscerais; cabeça, que abriga um desenvolvido sistema nervoso central e braços ou tentáculos.

As lulas (pelágicas) e sépias (demersais) possuem oito braços e dois tentáculos, usados para captura de alimentos. Já os polvos (bentônicos) possuem apenas oito braços dotados de ventosas préênses em toda sua extensão (Fig. 5.1). Muitas espécies de lulas e sépias também possuem nadadeiras aderidas ao manto, o que facilita o processo de locomoção, já que esses animais são nadadores mais ativos (Nesis, 1986).

Como estratégia de locomoção, os cefalópodes utilizam em geral um sistema de propulsão a jato, no qual usam a musculatura do manto para bombear água através do funil, formando uma forte corrente que os deslocam pela água e permitem que eles possam se mover ao longo de pequenas ou grandes distâncias, dependendo da espécie. Outra característica marcante desse grupo é a presença de um saco de tinta que permite que o animal libere um jato de água escuro através do funil, o qual confunde os predadores e o auxilia na fuga.

Os cefalópodes adultos possuem tamanhos que variam de 1 até 20 m de comprimento total, no caso da lula gigante. Entretanto, o tamanho médio é entre 20 e 40 cm de comprimento do manto, medida padrão de morfometria para esse grupo. Os indivíduos maiores podem chegar a pesar meia tonelada, mas no geral, a faixa de peso total dos cefalópodes varia de 0,1 a 2,5 kg (Jereb & Roper, 2010).

Todos os cefalópodes são dioicos, ou seja, possuem os sexos separados, e muitos, embora não todos, exibem dimorfismo sexual externo, tanto em diferenças estruturais quanto de tamanho. O desenvolvimento é direto, sem estágios metamórficos. As fêmeas geralmente são maiores que os machos. Os machos possuem 1 ou 2 braços modificados chamados de hectocótilos, utilizados para conduzir os espermatozóides para a fêmea durante o acasalamento. A expectativa de vida de cefalópodes é cerca de um a dois anos na maioria dos grupos, mas espécies maiores de lulas e polvos, por exemplo, podem viver alguns anos a mais. A maioria das espécies de cefalópodes morrem após a desova, mas esse fenômeno aparentemente não é universal (Jereb & Roper, 2014).

Toda a extensão da pele dos cefalópodes, exceto dos náutilos, é recoberta por um sofisticado sistema de células pigmentadas chamadas cromatóforos e células refletoras denominadas iridócitos. Essas células são controladas por músculos conectados a um complexo sistema nervoso central e são responsáveis pela extraordinária capacidade de camuflagem inerente a esses animais.

As espécies pertencentes à classe Cephalopoda possuem um sistema circulatório fechado, sendo o único grupo de moluscos com essa característica. O sangue deles possuem coloração azul quando oxigenado devido à presença de um pigmento chamado hemocianina. Esse pigmento é menos eficiente na captura e transporte de oxigênio em comparação com a hemoglobina, por isso requer maiores pressões sanguíneas e taxas de fluxo para manter a alta taxa metabólica desses predadores ativos. O sistema circulatório é composto por três corações, um coração sistêmico central e dois corações branquiais auxiliares, um acima de cada brânquia. As brânquias são constituídas por placas carnosas (8-30 por brânquia) conhecidas como lamelas branquiais (Boyle & Rodhouse, 2015).

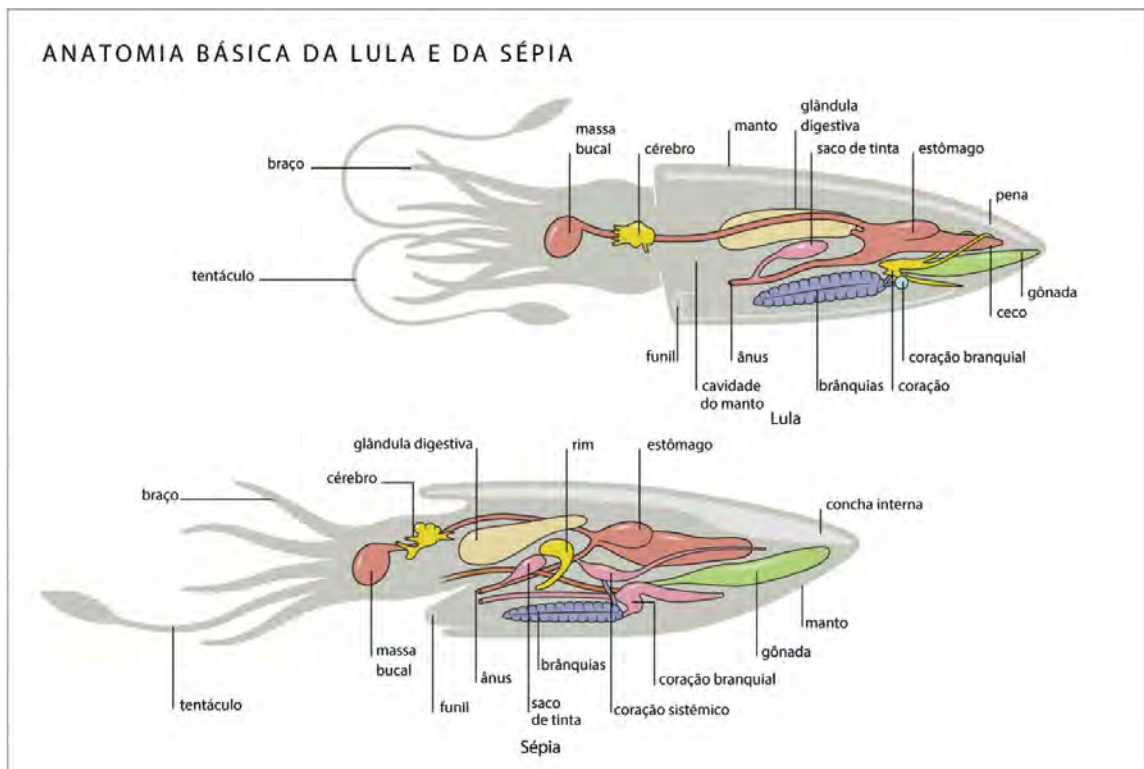
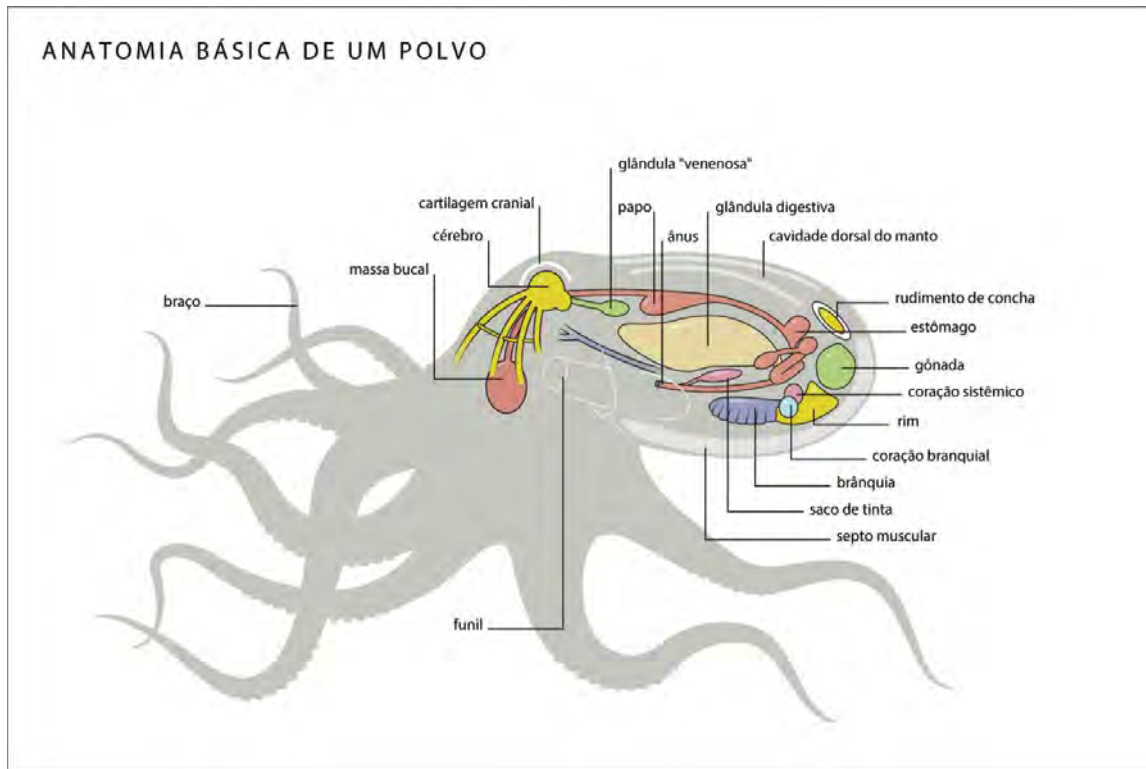
Ao longo deste capítulo, vamos abordar tópicos importantes relativos ao complexo ciclo de

vida desse grupo de notável sucesso dentre os invertebrados marinhos, focando principalmente em estudos realizados com as espécies que habitam as águas costeiras e oceânicas do Nordeste do Brasil.

## 2. ORIGEM E EVOLUÇÃO

Os cefalópodes surgiram e se diversificaram no período Cambriano há cerca de 530 milhões de anos a partir de um molusco semelhante a um monoplacóforo. Aproximadamente na metade do período Paleozoico, cerca de 416 milhões de anos atrás, os cefalópodes divergiram em dois principais grupos: nautilóides (ordem Nautiloidea, Cambriano - Recente), possuindo conchas externas, e coleóides (ordem Coleoidea, Carbonífero – Recente), os quais possuem conchas ausentes ou internas e são atualmente dominantes. Os coleóides são representados pelas lulas, polvos e sépias, os quais no final do Paleozóico (~ 276 milhões) divergiram em Vampyropoda e Decabrachia (Wanninger & Wollesen, 2019).

Ao longo da evolução, o corpo dos cefalópodes foi se tornando alongado e a concha foi internalizada nos coleóides. A tendência geral de redução da concha dos cefalópodes ao longo do tempo reflete uma evolução para modos de vida ativos e comportamentos muito complexos característicos desses animais. Isso permitiu que alguns grupos, como as lulas, desenvolvessem um mecanismo eficiente de flutuabilidade, se tornando independente do assoalho marinho e adotando um modo de vida pelágico. O manto e o funil foram adaptados para fazer parte de um sistema de bombeamento muscular que levou ao desenvolvimento da natação por propulsão a jato. Além disso, o manto também desenvolveu nadadeiras laterais para facilitar a locomoção no ambiente pelágico. Esta internalização da concha aparentemente foi um evento que ocorreu uma única vez na escala evolutiva (Kroger et al., 2011).



**Figura 5.1** O painel superior mostra a anatomia básica do polvo (Octopodiforme) e o painel inferior mostra a anatomia básica da lula e da sépia (Decapodiforme). **Adaptado** de Hanlon et al. (2008).

À medida que os cefalópodes evoluíram para um modo de natação mais ativa, eles adquiriram um sofisticado sistema sensorial, com olhos especializados e cérebros maiores, adaptados para analisar os novos ambientes marinhos que começaram a explorar.

Acredita-se que aproximadamente 10.000 espécies desse grupo que existiram no passado, agora estão extintas. O registro fóssil mais antigo de um cefalópode é do final do Cambriano, uma espécie denominada *Plectronoceras cambria*, encontrada na China (Weber & Yochelson, 1989).

São conhecidos mais de 180 gêneros de cefalópodes habitando os oceanos modernos, embora o registro fóssil exponha uma grande riqueza de formas, cerca de 4.000 gêneros. Por dezenas a centenas de milhões de anos, diversos grupos de cefalópodes dominaram os ambientes marinhos do Paleozoico ao Mesozoico e agora estão extintos, como os amonóides exclusivamente enrolados e os enormes

náutilos endocerídeos de concha reta. Os indivíduos da ordem Ammonoidea (Devoniano – Cretáceo) são caracterizados pela presença de uma concha externa univalve enrolada dividida em câmaras em um plano espiral (Fig. 5.2). Esse grupo possui um registro fóssil vasto, entretanto, pouco se sabe em relação às partes moles desses organismos, devido a dificuldade de fossilização dessas estruturas (Boyle & Rodhouse, 2005).

Aproximadamente 1.300 espécies de fósseis de moluscos já foram registradas para o Brasil, a maioria composta por bivalves (51,3%) e gastrópodes (35,9%). Os cefalópodes representam cerca de 12% desse total, sendo compostos em sua maioria por espécies portadoras de conchas externas e já extintas.

A maior parte das espécies fósseis descritas para a região Nordeste é do extinto grupo dos amonóides. Eles foram registrados nas bacias costeiras Sergipe-Alagoas, Paraíba e Potiguar, de onde se tem o



**Figura 5.2** Fóssil de um amonóide do gênero *Asteroceras*.  
**Fonte** PixarBay.

maior número de registros de novas espécies, principalmente para as formações Cotinguiba, Riachuelo, Gramame e Jandaíra. Aproximadamente 150 espécies são catalogadas para essa região, a maior parte no estado do Sergipe. Somente na Bacia do Paraíba existem quatro ordens de amonóides típicas do Cretáceo, sete gêneros e nove espécies (Sobral, 2011). Dentre os gêneros de amonóides no Nordeste se destacam *Pachydiscus*, *Oxytropidoceras* e *Canadoceras*. Poucas espécies fósseis de Nautiloidea são conhecidas para a região Nordeste do Brasil, se destacando as espécies *Cimonia pernambucense* (Maury, 1930) e *Hercoglossa lamegoi* Oliveira, 1953, ambas do Paleoceno registradas na região de Pernambuco (Simone & Mezzalira, 1994).

### 2.1. O Istmo do Panamá e a origem de octópodes do Nordeste brasileiro

O soerguimento do Istmo do Panamá criou uma ponte terrestre entre a América Central e a América do Sul e causou a separação dos oceanos Atlântico Ocidental e Pacífico Oriental, resultando em profundas mudanças na composição da biota marinha e terrestre, bem como nas condições ambientais e oceanográficas. A maioria dos estudos afirma que o fechamento final do istmo foi no Plioceno Superior, aproximadamente 2,5–3,5 milhões de anos atrás (Coates et al., 1992), embora alguns autores defendam a hipótese de que esse evento foi finalizado no Mioceno, há 15 milhões de anos (Montes et al., 2015).

O processo de especiação de alguns octópodes com notável sucesso evolutivo em termos de diversificação, distribuição e abundância em ambos os lados das Américas também foi influenciado pelo fechamento do Istmo do Panamá. Pelo menos três espécies do gênero *Octopus* (*O. insularis*, *O. hummelincki* e *O. americanus*), uma do gênero *Callistoctopus* (*Callistoctopus* sp.) e uma de *Macrotritopus* (*M. defilippi*) que atualmente habitam as águas do Nordeste brasileiro, possuem

ancestrais que viveram no Oceano Pacífico antes do completo fechamento do Istmo do Panamá. Essas espécies divergiram entre 8 e 5 milhões de anos atrás, ocupando inicialmente o Mar do Caribe. Acredita-se que elas chegaram até a costa brasileira através da dispersão larval ao longo das correntes oceânicas, bem como por migração ativa pelas áreas rasas da plataforma continental (Lima et al., 2020a).

Muitos processos de especiação e divergência adaptativa não foram causados somente após o fechamento dessa ponte de terra. Do início do soerguimento do istmo até seu completo fechamento se passaram aproximadamente 15 milhões de anos. Dessa forma, mudanças nas características oceanográficas como temperatura, correntes oceânicas e produtividade, causadas durante esse evento vicariante, promoveram divergência entre espécies antes mesmo do fechamento completo do Istmo do Panamá.

## 3. DIVERSIDADE E SISTEMÁTICA DE CEFALÓPODES

Os cefalópodes são animais de corpo mole e possuem pouquíssimas partes duras como os bicos, estiletos e a concha interna em sépias. Por esse motivo, formam um grupo problemático para estudos de morfologia e taxonomia. O processo de fixação desses organismos distorce muitas partes dos seus corpos, tornando algumas medidas morfométricas pouco confiáveis. Além disso, muitos cefalópodes pelágicos possuem um corpo delgado, por vezes gelatinoso, o que os tornam muito frágeis e fáceis de serem danificados durante a captura. Dentre os principais caracteres diagnósticos em cefalópodes estão a rádula, hectocótilo (machos), número de lamelas branquiais, concha interna da sépia, bicos, etc.

Atualmente, existem 845 espécies vivas descritas de cefalópodes, incluindo nautilóides, sepióides,

lulas e polvos (Hoving et al., 2014). O maior grupo são os polvos bentônicos da família Octopodidae, contendo mais de 300 espécies. A taxonomia e classificação deste grupo estão passando por revisão considerável e muitas novas espécies (> 150) aguardam descrição científica formal (Jereb & Roper, 2014). O número total de espécies vivas de lulas é cerca de 290 e aproximadamente

de 30-40 espécies têm importância comercial substancial (Arkhipkin et al., 2015). Não existe registro de sépias para as águas brasileiras. Para a Amazônia Azul do Brasil, estima-se que exista um total de 89 espécies de cefalópodes, sendo 57 destas espécies registradas no Nordeste do Brasil (Tabs. 5.1 e 5.2).

**Tabela 5.1** Lista de espécies de cefalópodes decapodiformes (lulas) registradas para o Brasil, com destaque para as espécies com registros na região Nordeste.

DECAPODIFORMES			
Família	Espécie	Registro no NE	Referências
SPIRULIDAE	<i>Spirula spirula</i> (Linnaeus, 1758).	X	Matthews & Rios, 1969; Rios, 1975; Rios, 1994; Perez et al., 2004; Vaske & Lessa, 2004; Vaske Jr., 2005; Costa et al., 2007; Carvalho Fo et al., 2009.
SEPIOLIDAE	<i>Heteroteuthis dispar</i> (Rüppell, 1844).	X	Vaske Jr., 2005; Costa et al., 2007.
	<i>Rossia bullisi</i> Voss, 1956.		Costa et al., 2007.
	<i>Rossia tortugaensis</i> Voss, 1956.		Lima, 2003; Perez et al., 2004; Costa et al., 2007.
	<i>Semirossia tenera</i> (Verrill, 1880).		Rios, 1975; Haimovici & Andriquetto, 1986; Haimovici & Perez, 1991; Capitoli & Haimovici, 1993; Costa & Fernandes, 1993; Rios, 1994; Lima, 2003; Costa et al., 2007.
LOLIGINIDAE	<i>Loligo plei</i> Blainville, 1823.	X	Rios, 1975; Haimovici & Andriquetto, 1986; Haimovici & Perez, 1991; Costa & Fernandes, 1993; Rios, 1994; Vaske & Castello, 1998; Lima, 2003; Gasalla et al., 2005; Haimovici et al., 2005; Martins et al., 2005; Vaske Jr., 2005; Costa et al., 2007; Rodrigues, 2008.
	<i>Loligo sanpaulensis</i> Brakoniecki, 1984.		Haimovici & Andriquetto, 1986; Haimovici & Perez, 1991; Capitoli & Haimovici, 1993; Costa & Fernandes, 1993; Rios, 1994; Vaske & Castello, 1998; Lucena et al., 2000; Gasalla et al., 2005; Haimovici et al., 2005; Colabuono & Vooren, 2007; Rodrigues, 2008.
	<i>Loligo surinamensis</i> Voss, 1974.	X	Rios, 1994; Lima, 2003; Vaske Jr., 2005.
	<i>Lolliguncula brevis</i> (Blainville, 1823).	X	Rios, 1975; Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Lessa & Almeida, 1997; Lima, 2003; Vaske Jr., 2005; Zaleski, 2005.
	<i>Pickfordiateuthis pulchella</i> Voss, 1953.		Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994.
	<i>Sepioteuthis sepioidea</i> (Blainville, 1823).	X	Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Vaske Jr., 2005; Costa et al., 2007.
ANCISTROCHEIRIDAE	<i>Ancistrocheirus lesueurii</i> (Orbigny, 1842).	X	Rios, 1994; Vaske Jr. & Castello, 1998; Vaske Jr. & Rincón Fo, 1998; Haimovici et al., 2002; Gurjão et al., 2003; Peres & Haimovici, 2003; Vaske Jr., 2005; Andrade et al., 2007; Colabuono & Vooren, 2007; Andrade, 2008.



DECAPODIFORMES			
Família	Espécie	Registro no NE	Referências
ARCHITEUTHIDAE	<i>Architeuthis</i> sp.		Arfelli et al., 1991; Rios, 1994; Vaske Jr. & Rincón Fo, 1998; Gurjão et al., 2003; Martins & Perez, 2009; Vaske Jr. et al., 2009.
BATHYTEUTHIDAE	<i>Bathyteuthis abyssicola</i> Hoyle, 1885.		Costa et al., 2007.
BRACHIOTEUTHIDAE	<i>Brachioteuthis riisei</i> (Steenstrup, 1882).	X	Rios, 1975; Lima, 2003; Vaske Jr., 2005.
CHIROTEUTHIDAE	<i>Chiroteuthis capensis</i> Voss, 1967.		Costa et al., 2007.
	<i>Chiroteuthis veranyi veranyi</i> (Ferussac, 1835).	X	Vaske Jr. & Castello, 1998; Vaske Jr. & Rincón Fo, 1998; Gurjão et al., 2003; Vaske Jr. & Lessa, 2004; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. & Lessa, 2005; Costa et al., 2007; Andrade, 2008; Vaske Jr. et al., 2009a, b.
	<i>Grimalditeuthis bonplandi</i> (Verany, 1839).	X	Vaske Jr., 2005.
CRANCHIIDAE	<i>Leachia cyclura</i> Lesueur, 1821.	X	Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. et al., 2008.
	<i>Liguriella podophthalma</i> Issel, 1908.		Haimovici et al., 2002; Costa et al., 2007.
	<i>Liocranchia reinhardtii</i> (Steenstrup, 1856).	X	Rios, 1975; Haimovici et al., 2002; Gurjão et al., 2003; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. et al., 2005b; Andrade et al., 2007; Costa et al., 2007; Vaske Jr. et al., 2008.
	<i>Megalocranchia maxima</i> Pfeffer, 1884.	X	Gurjão et al., 2003; Vaske Jr., 2005; Costa et al., 2007; Vaske Jr. et al., 2009a, b.
	<i>Taonius pavo</i> (Lesueur, 1821).	X	Gurjão et al., 2003; Vaske Jr., 2005; Andrade, 2008; Vaske Jr. et al., 2009a, b.
CYCLOTEUTHIDAE	<i>Discoteuthis discus</i> Young & Roper, 1969.	X	Costa et al., 2007; Andrade, 2008.
ENOPLOTEUTHIDAE	<i>Abralia redfieldi</i> Voss, 1955.	X	Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Haimovici et al., 2002; Andrade et al., 2007; Costa et al., 2007.
	<i>Abralia veranyi</i> (Rüppell, 1844).	X	Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Gurjão et al., 2003; Gurjão & Furtado Neto, 2004; Vaske Jr., 2005; Costa et al., 2007; Andrade et al., 2007; Andrade, 2008.
	<i>Abraliopsis atlantica</i> Nesis, 1982.		Costa et al., 2007.
	<i>Enoploteuthis anapsis</i> Roper, 1964.	X	Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. et al., 2005b; Costa et al., 2007; Vaske Jr. et al., 2008; Vaske Jr. et al., 2009a.
	<i>Enoploteuthis leptura leptura</i> (Leach, 1817).	X	Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. et al., 2005b; Costa et al., 2007; Vaske Jr. et al., 2008; Vaske Jr. et al., 2009a.
GONATIDAE	<i>Gonatus steenstrupi</i> Kristensen, 1981.	X	Gurjão et al., 2003; Lima, 2003; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. et al., 2009a, b.
HISTIOTEUTHIDAE	<i>Histioteuthis corona corona</i> (Voss & Voss, 1962).	X	Vaske Jr. & Rincón Fo, 1998; Perez et al., 2004; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. & Lessa, 2005; Costa et al., 2007; Andrade et al., 2007; Andrade, 2008; Leite et al., 2009; Vaske Jr. et al., 2009a, b.
	<i>Histioteuthis machrohista</i> Voss, 1969.	X	Perez et al., 2004; Vaske Jr., 2005.
LEPIDOTEUTHIDAE	<i>Lepidoteuthis grimaldii</i> Joubin, 1895.	X	Vaske Jr., 2005.
	<i>Pholidoteuthis adami</i> Voss, 1956.	X	Leite, 2010.

DECAPODIFORMES			
Família	Espécie	Registro no NE	Referências
PHOLIDOTEUTHIDAE	<i>Pholidoteuthis adami</i> Voss, 1956.	X	Gurjão et al., 2003; Perez et al., 2004; Vaske Jr., 2005; Andrade et al., 2007; Costa et al., 2007; Vaske Jr. et al., 2009a, b.
LYCOTEUTHIDAE	<i>Lycoteuthis loligera</i> (Steenstrup, 1875).		Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Vaske Jr. & Rincón Fo, 1998; Vaske Jr. & Castello, 1998; Peres & Haimovici, 2003; Costa et al., 2007.
	<i>Selenoteuthis scintillans</i> Voss, 1959.		Haimovici et al., 2002; Costa et al., 2007.
MASTIGOTEUTHIDAE	<i>Mastigoteuthis magna</i> Joubin, 1913.	X	Gurjão et al., 2003; Vaske Jr., 2005; Andrade et al., 2007; Costa et al., 2007.
NEOTEUTHIDAE	<i>Neoteuthis thielei</i> (Naef, 1921)		Costa et al., 2007.
OCTOPOTEUTHIDAE	<i>Octopoteuthis megaptera</i> (Verrill, 1885).	X	Vaske Jr. & Rincón Fo, 1998; Vaske Jr. & Castello, 1998; Gurjão et al., 2003; Peres & Haimovici, 2003; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. & Lessa, 2005; Costa et al., 2007; Andrade, 2008; Vaske Jr. et al., 2009a, b.
	<i>Taningia danae</i> Joubin, 1931.	X	Leite et al., 2009.
OMMASTREPHIDAE	<i>Eucleoteuthis luminosa</i> (Sasaki, 1915).	X	Rios, 1994; Haimovici & Perez, 1991; Costa et al., 2007.
	<i>Hyaloteuthis pelagica</i> (Bosc, 1802).	X	Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Haimovici et al., 2002; Vaske Jr. & Lessa, 2004; Vaske Jr. et al., 2004; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. et al., 2005b; Vaske Jr. & Lessa, 2005; Andrade, 2008; Vaske Jr. et al., 2009b.
	<i>Illex argentinus</i> (Castellanos, 1960).		Rios, 1975; Haimovici & Andriquetto, 1986; Haimovici & Perez, 1991; Capitoli & Haimovici, 1993; Rios, 1994; Vaske Jr., 1995; Vaske Jr. & Rincón Fo, 1998; Vaske Jr. & Castello, 1998; Vidal & Haimovici, 1999; Santos & Haimovici, 2000; Peres & Haimovici, 2003; Colabuono & Vooren, 2007; Costa et al., 2007; Schwartz & Perez, 2007; Vaske Jr. et al., 2009a, b.
	<i>Illex coindetii</i> (Verany, 1839).	X	Leite et al., 2001; Lima, 2003; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. et al., 2005; Andrade et al., 2007; Costa et al., 2007; Vaske Jr. et al., 2008.
	<i>Ommastrephes bartramii</i> (Lesueur, 1821).	X	Rios, 1975; Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Vaske Jr. et al., 1998; Vaske Jr. & Rincón Fo, 1998; Vaske Jr. & Castello, 1998; Haimovici et al., 2002; Gurjão et al., 2003; Peres & Haimovici, 2003; Lima, 2003; Perez et al., 2004; Vaske Jr. & Lessa, 2004; Vaske Jr. et al., 2004; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. & Lessa, 2005; Vaske Jr. et al., 2005b; Costa et al., 2007; Andrade et al., 2007; Andrade, 2008; Vaske Jr. et al., 2008; Vaske Jr. et al., 2009a, b.
<i>Ornithoteuthis antillarum</i> Adam, 1975.		X	Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Vaske Jr. & Castello, 1998; Vaske Jr. et al., 1998; Leite et al., 2001; Vaske Jr. et al., 2003; Gurjão & Furtado Neto, 2004; Perez et al., 2004; Vaske Jr. & Lessa, 2004; Vaske Jr. et al., 2004; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. & Lessa, 2005; Vaske Jr. et al., 2005a; Vaske Jr. et al., 2006; Costa et al., 2007; Andrade, 2008; Vaske Jr. et al., 2008; Leite et al., 2009; Vaske Jr. et al., 2009a, b.

DECAPODIFORMES			
Família	Espécie	Registro no NE	Referências
OMMASTREPHIDAE	<i>Sthenoteuthis pteropus</i> (Steenstrup, 1855).	X	Rios, 1975; Rios, 1994; Leite et al., 2001 ; Haimovici et al., 2002; Vaske Jr. et al., 2003; Vaske Jr. & Lessa, 2004; Vaske Jr. et al., 2004; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. & Lessa, 2005; Vaske Jr. et al., 2005a, b; Vaske Jr. et al., 2006; Costa et al., 2007; Andrade et al., 2007; Andrade, 2008; Leite et al., 2009.
	<i>Todarodes filippovae</i> Adam, 1975.		Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Peres & Haimovici, 2003.
ONYCHOTEUTHIDAE	<i>Moroteuthis ingens</i> Smith, 1881.		Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Costa et al., 2007.
	<i>Moroteuthis robsoni</i> Adam, 1962.	X	Vaske Jr. & Rincón Fo, 1998; Perez et al., 2004; Costa et al., 2007; Leite, 2010.
	<i>Onychoteuthis banksii</i> (Leach, 1817).	X	Rios, 1975; Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Haimovici et al., 2002; Gurjão et al., 2003; Vaske Jr. & Lessa, 2004; Vaske Jr., 2005; Costa et al., 2007; Andrade et al., 2007; Andrade, 2008.
	<i>Onykia cariboea</i> Lesueur, 1821.	X	Rios, 1975; Vaske Jr., 2005; Andrade, 2008; Vaske Jr. et al., 2008.
PSYCHROTEUTHIDAE	<i>Psychroteuthis glacialis</i> Thiele, 1920.		Vaske & Castello, 1998.
PYROTEUTHIDAE	<i>Pyroteuthis margaritifera</i> (Rüppell, 1844).		Costa et al., 2007.
PTERYGIOTEUTHIDAE	<i>Pterygioteuthis giardi giardi</i> Fischer, 1896.	X	Rios, 1975; Peres & Haimovici, 2003; Vaske Jr., 2005.
THYSANOTEUTHIDAE	<i>Thysanoteuthis rhombus</i> Troschel, 1857.	X	Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Haimovici et al., 2002; Gurjão et al., 2003; Vaske Jr. et al., 2004; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. & Lessa, 2005; Andrade et al., 2007; Andrade, 2008; Vaske Jr. et al., 2009a, b.

**Tabela 5.2** Lista de espécies de cefalópodes octopodiformes registradas para o Brasil, com destaque para as espécies com registros na região Nordeste.

OCTOPODIFORMES			
Família	Espécie	Registro no NE	Referências
ALLOPOSIDAE	<i>Haliphron atlanticus</i> Steenstrup, 1861.	X	Rios, 1975; Vaske Jr. & Castello, 1998; Vaske Jr. & Rincón Fo, 1998; Gurjão et al., 2003; Vaske Jr., 2005; Colabuono & Vooren, 2007; Costa et al., 2007; Vaske Jr. et al., 2009b; Lima et al. 2017.
AMPHITRETIDAE	<i>Amphitretus pelagicus</i> Hoyle, 1885.		Costa et al., 2007; Norman, 2014.
ARGONAUTIDAE	<i>Argonauta argo</i> Linnaeus, 1758.		Rios, 1975; Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Perez et al., 2004.
	<i>Argonauta nodosa</i> Lightfoot, 1786.	X	Rios, 1975; Haimovici & Andriquetto, 1986; Haimovici & Perez, 1991; Costa & Fernandes, 1993; Rios, 1994; Vaske Jr., 1995; Vaske Jr. & Castello, 1998; Vaske Jr. & Rincón Fo, 1998; Leite et al., 2001; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. et al., 2009a, b.
BOLITAENIDAE	<i>Japetella diaphana</i> Hoyle, 1885.	X	Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Vaske Jr. & Castello, 1998; Vaske Jr. et al., 2003; Vaske Jr. & Lessa, 2004; Vaske Jr. et al., 2004; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. & Lessa, 2005; Andrade et al., 2007; Andrade, 2008; Vaske Jr. et al., 2009a, b; Vérias et al., 2009.
	<i>Bolitaena pygmaea</i> (Verrill, 1984).	X	Rios, 1975; Costa et al., 2007; Andrade et al., 2007; Andrade, 2008; Leite et al., 2009, Norman, 2014.
OCTOPODIDAE	<i>Benthoctopus oregonae</i> Toll, 1981.		Perez et al., 2004; Costa et al., 2007.
	<i>Callistoctopus</i> sp. Taki, 1964.	X	Lima et al., 2020.
	<i>Eledone gaucha</i> Haimovici, 1988.		Haimovici & Andriquetto, 1986; Haimovici, 1988; Haimovici & Perez, 1991; Costa & Fernandes, 1993; Rios, 1994; Perez et al., 2004.
	<i>Eledone massyae</i> Voss, 1964.		Rios, 1975; Haimovici & Andriquetto, 1986; Haimovici & Perez, 1991; Capitoli & Haimovici, 1993; Costa & Fernandes, 1993; Rios, 1994; Perez et al., 2004; Costa et al., 2007.
	<i>Macrotritopus defilippi</i> (Verany, 1851).	X	Lima et al., 2020.
	<i>Muusoctopus januarii</i> (Hoyle, 1885).	X	Norman, 2014; Lima et al., 2020.
	<i>Octopus americanus</i> Avendaño et al., 2020.	X	Avendaño et al., 2020.
	<i>Octopus burryi</i> Voss, 1950.	X	Rios, 1994.
	<i>Macrotritopus</i> cf. <i>defilippi</i> (Verany, 1851).	X	Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Haimovici et al., 2002; Vaske Jr., 2005. Leite & Haimovici, 2006.
	<i>Octopus hummelincki</i> Adam, 1936.	X	Rios, 1994. Leite & Haimovici, 2006.

OCTOPODIFORMES			
Família	Espécie	Registro no NE	Referências
OCTOPODIDAE	<i>Octopus insularis</i> Leite et al., 2008.	X	Leite et al., 2008; Leite et al., 2009.
	<i>Octopus tehuelchus</i> Orbigny, 1834.		Rios, 1975; Haimovici & Andriguetto, 1986; Haimovici & Perez, 1991; Capitoli & Haimovici, 1993; Costa & Fernandes, 1993; Rios, 1994.
	<i>Paroctopus</i> sp.		Lima, et al, 2020.
	<i>Pareledone charcoti</i> (Joubin, 1905).		Rios, 1975; Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994.
	<i>Pareledone turqueti</i> (Joubin, 1905).		Rios, 1975; Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994.
	<i>Pteroctopus tetracirrhus</i> (Chiaie, 1830).		Rios, 1975; Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Perez et al., 2004; Costa et al., 2007.
	<i>Scaeurgus unircirrhus</i> (Orbigny, 1840).		Rios, 1975; Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Perez et al., 2004.
MEGALELEDONIDAE	<i>Vosseledone charrua</i> Palacio, 1978.		Palácio, 1978; Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Perez et al., 2004; Costa et al., 2007.
OCYTHOIDAE	<i>Ocythoe tuberculata</i> Rafinesque, 1814.	X	Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Vaske Jr. & Castello, 1998; Vaske Jr. & Lessa, 2004; Vaske Jr. et al., 2004; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. & Lessa, 2005; Colabuono & Vooren, 2007; Vaske Jr. et al., 2009a.
TREMOCTOPODIDAE	<i>Tremoctopus violaceus violaceus</i> Chiaie, 1830.	X	Haimovici & Perez, 1991; Rios, 1994; Vaske Jr. & Castello, 1998; Vaske Jr. & Rincón Fo, 1998; Vaske Jr. et al., 1998; Haimovici et al., 2002; Vaske Jr. & Lessa, 2004; Vaske Jr. et al., 2004; Vaske Jr., 2005; Vaske Jr. & Lessa, 2005; Andrade et al., 2007; Andrade, 2008; Vaske Jr. et al., 2009a, b.
VITRELEDONELLINIDAE	<i>Vitreledonella richardi</i> Joubin, 1918.	X	Vaske Jr., 2005.
CIRROTEUTHIDAE	<i>Cirroteuthis magna</i> Hoyle, 1883.		Guerra et al., 1998; Costa et al., 2007.
	<i>Cirroteuthis mülleri</i> Eschrich, 1836.	X	Guerra et al., 1998; Costa et al., 2007; Leite, 2010.
OPISTHOTEUTHIDAE	<i>Opisthoteuthis agassizii</i> Verrill, 1883.	X	Costa et al., 2007; Leite, 2010.
VAMPYROTEUTHIDAE	<i>Vampyroteuthis infernalis</i> Chun, 1903.	X	Gurjão et al., 2003; Vaske Jr., 2005; Costa et al., 2007; Vaske Jr. et al., 2009a, b.

### 3.1. Classificação e identificação de bicos

Os bicos dos cefalópodes são basicamente compostos por proteínas, aminoácidos, quitina e até uma certa proporção de água, constituindo uma estrutura endurecida em algumas áreas, mas suaves e flexíveis em outras, dependendo

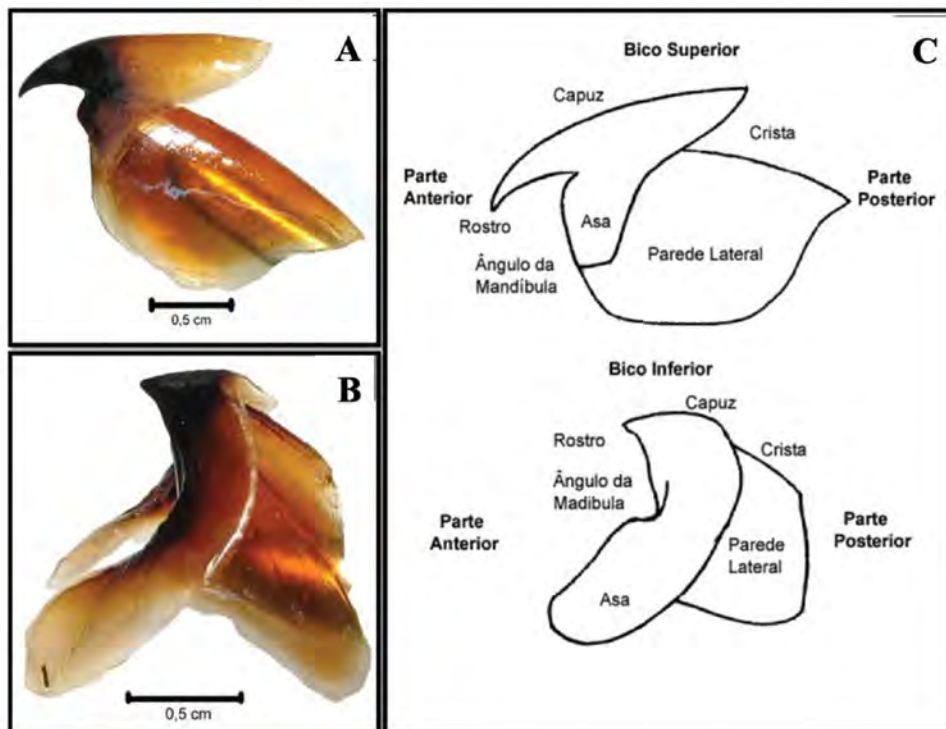
da distribuição destes componentes. Além disso, podem ser encontrados pigmentos cuja concentração em cada parte do bico também é característica e útil para taxonomia (Miserez et al., 2008).

Os bicos são compostos por duas partes, que funcionam em conjunto, mas se encontram morfologicamente separadas, um superior e outro inferior (Fig. 5.3 A, B e C). A parte inferior, apresenta o maior número de características e variações que vão diferenciar um grupo de cefalópodes para outro, sendo a peça-chave para identificação. Além das características naturais dos bicos, existem características que são adquiridas por desgaste ou degradação, especialmente quando são coletados nos estômagos dos seus predadores. Para facilitar a identificação é necessário conhecer a forma básica dos bicos e a nomenclatura usada para cada estrutura (Acuña-Perales et al., 2020).

Embora os bicos de lulas e polvos tenham características comuns, eles tendem a ter diferenças anatômicas facilmente identificáveis, uma vez que você está familiarizado com formas básicas. Lulas mostram maior desenvolvimento rostral, enquanto bicos de polvos tendem a ser mais compactos e têm a face reduzida ou ausente.

## 4. CICLO DE VIDA E REPRODUÇÃO

As características reprodutivas dos cefalópodes são bem similares entre todos os seus representantes. As fêmeas são geralmente maiores que os machos. Elas possuem um ovário situado na parte posterior do manto. Conectados a ele lateralmente, através dos ovidutos, há um par de glândulas oviduais (Fig. 5.4). O ovário possui ovócitos que amadurecem ao longo do processo de desenvolvimento gonadal e são posteriormente fecundados. A glândula ovidual secreta uma película que protege os ovos nos estágios finais e, em algumas espécies de polvos, também serve para armazenar esperma para que a fêmea decida fecundar os ovócitos em condições que considere propícias (Fig. 5.5). Os machos apresentam um braço modificado, ocasionalmente dois, chamado hectocótilo. Esse braço é inserido no manto da fêmea durante a cópula e conduz os espermatóforos até o ovário para que haja a



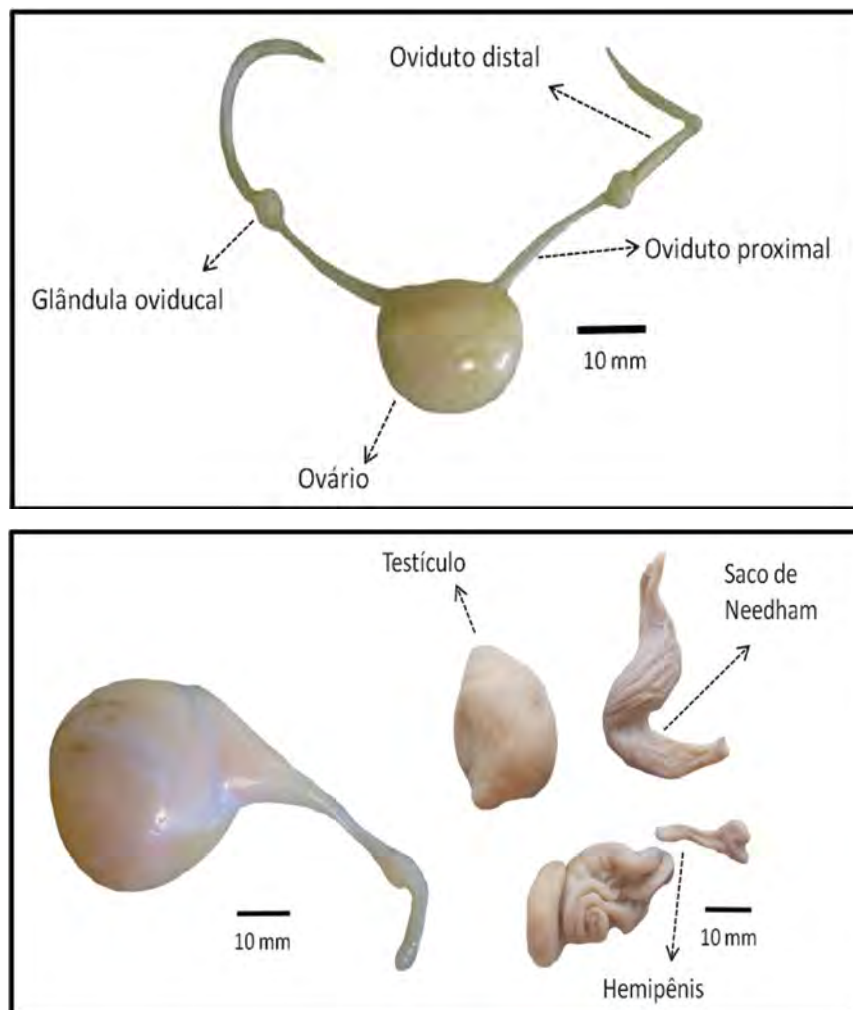
**Figura 5.3** Anatomia do bico de um cefalópode. **A)** Bico superior; **B)** Bico inferior; **C)** Estruturas dos bicos superiores e inferiores.

fecundação. Seu aparelho reprodutor consiste em um testículo, um ducto seminal, saco de Needham (que armazenam os espermatozóides) e um pênis (Fig. 5.4). A cópula geralmente é precedida por uma corte caracterizada pela exibição de padrões corporais diversos, envolvendo alteração de cores e texturas da pele, com atividade intensa dos cromatóforos.

Vários grupos de cefalópodes são semélparos, ou seja, desovam durante um único evento, como *Octopus insularis*. Outros podem adotar desova múltipla com ovulação sincronizada em grupo, desova monocíclica e crescimento dos ovos em

lotes. Todos os cefalópodes coleóides morrem após o único evento reprodutivo no ciclo de vida da espécie (Jereb & Roper, 2005).

A duração do ciclo de vida varia entre as espécies, mas geralmente cefalópodes são animais de rápido crescimento que têm um curto período de existência. No geral, a expectativa de vida dos cefalópodes é de alguns meses (como é o caso de algumas espécies de sépias) até dois anos, com exceção do náutilo, que pode chegar até os 20 anos. Os cefalópodes de águas quentes tropicais têm um ciclo de vida mais curto comparados com animais de águas subtemperadas.



**Figura 5.4** Detalhes dos componentes do sistema reprodutor de uma fêmea (acima) e um macho (abaixo) da espécie *O. insularis*. **Fotos** Françoise Lima.

Acredita-se que o polvo mais comum do Nordeste brasileiro, *O. insularis*, completa seu ciclo de vida em pouco menos de um ano, ou seja, tem uma expectativa de vida menor que seu congênere *O. americanus*, característico da região subtemperada brasileira e que pode viver até dois anos (Lima et al., 2014a).

Os cefalópodes possuem desenvolvimento direto, ou seja, não passam por metamorfose larval. Os animais recém eclodidos são chamados de paralarvas, basicamente um cefalópode em miniatura. Algumas espécies possuem ovos pequenos e numerosos (centenas de milhares), como *O. insularis* e *O. americanus*, que após eclodirem, passam por um período no plâncton antes de assumirem o modo de vida bentônico. Outras espécies depositam ovos grandes e em menor quantidade (algumas dezenas), como é o caso do polvo *O. maya*. Os animais recém-eclodidos não passam pela fase planctônica e, após a eclosão, já assentam diretamente no substrato marinho.

A maioria dos estudos de biologia reprodutiva de lulas foi conduzida na região Sudeste no Brasil. No Nordeste existem alguns estudos desenvolvidos nesta temática com a principal espécie de polvo alvo de pesca na região, *O. insularis*. Essa espécie possui ampla distribuição no Atlântico Oeste, ocorrendo desde a costa Nordeste do Brasil, incluindo ilhas oceânicas, até o Golfo do México.

Estudos desenvolvidos nas costas do Rio Grande do Norte e do Ceará mostraram que as populações de *O. insularis* ainda se encontram em estabilidade. A razão sexual é aproximadamente 1:1 (macho/fêmea), mas os machos são mais frequentes nas menores classes de tamanho, enquanto as fêmeas são mais comuns em tamanhos maiores. Para as populações do Rio Grande do Norte, a medida do comprimento do manto relativo à primeira maturação sexual ( $L_{50}$ ) é em torno de 60 mm para machos e 95 mm em fêmeas. Já o peso de primeira maturação ( $P_{50}$ ) estimado é de 215 g para machos e 494 g em fêmeas. Esses valores são

consideravelmente inferiores aos encontrados para a mesma espécie no Golfo do México – 90 mm e 590 g para machos e 108 mm e 870 g para fêmeas em medidas de  $L_{50}$  e  $P_{50}$ , respectivamente (González-Gómez et al., 2018). Em ambientes tropicais, os indivíduos no geral tendem a crescer menos, devido ao metabolismo acelerado e provavelmente por esse motivo os números de primeira maturação de *O. insularis* registrados para o Nordeste são inferiores àqueles da região subtropical do Golfo do México (Lima et al., 2014a).

O ciclo reprodutivo de *O. insularis* no Nordeste do Brasil segue o padrão geral observado para espécies do gênero *Octopus*, no qual os machos atingem a maturidade com tamanhos consideravelmente menores do que as fêmeas. A maturação precoce dos machos resulta em uma diminuição no crescimento somático para um maior investimento no desenvolvimento reprodutivo, enquanto as fêmeas continuam a investir no crescimento corporal durante grande parte de seu ciclo de vida, maturando apenas na fase final do seu ciclo de vida.

Os machos maduros de *O. insularis* no Nordeste do Brasil ocorrem durante todo o ano, enquanto fêmeas maduras só são encontradas em períodos específicos. No geral, existem alguns picos de maturação ao longo do ano, durando cerca de três meses e ocorrendo em intervalos entre sete e 10 meses, sugerindo que essa espécie no Brasil tem um ciclo de vida mais curto que um ano. A intensidade e o período de maturação em *O. insularis* também podem variar dependendo das condições bióticas e abióticas que influenciam o ciclo de vida desses animais, como temperatura, disponibilidade de alimento e pressão de pesca. Por exemplo, no Golfo do México o pico anual de maturação e, subsequente desova, é bem marcado e atinge seu máximo durante o inverno. Esse fato mais uma vez evidencia como os diferentes ambientes podem interferir no ciclo de vida de uma mesma espécie quando ela está exposta a padrões de sazonalidades diferentes.

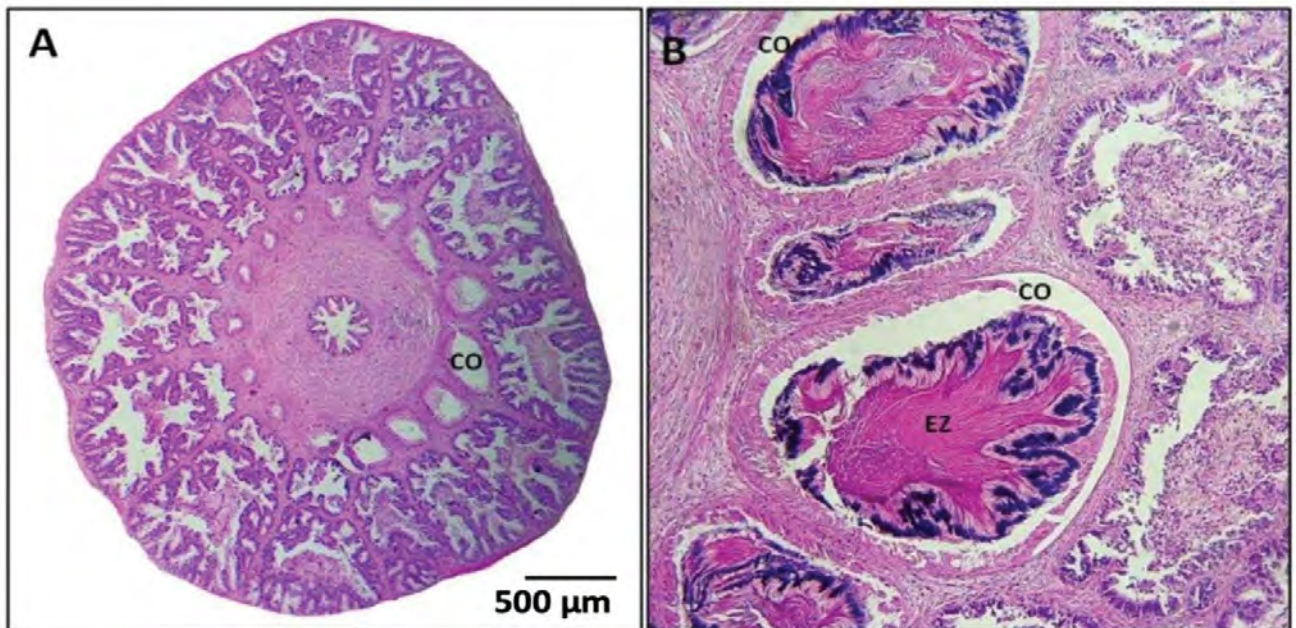


Assim como registrado para outras espécies de cefalópodes, as fêmeas de *O. insularis* armazenam espermatozoides na espermateca, indicando a ocorrência de acasalamento antes mesmo de atingirem a maturação gonadal, ainda juvenis (Fig. 5.5). O esperma pode ser armazenado por longos períodos antes da fertilização em estruturas chamadas cisternas oviduais. Essa característica permite a possibilidade de cópulas durante períodos mais longos, e não apenas no tempo e espaço onde se encontram as fêmeas maduras, o que aumenta o sucesso reprodutivo da espécie (Lima et al., 2014b).

No Ceará e Rio Grande do Norte, as variáveis ambientais que mais influenciam a população e dinâmica reprodutiva de *O. insularis* são temperatura da superfície do mar (TSM), concentração de clorofila *a* (CHL*a*) e turbidez da água (medida pela velocidade do vento). A maior frequência de indivíduos maduros é observada em temperaturas mais baixas e maiores taxas de CHL*a*. Isso pode indicar uma sincronização da desova e embriogênese, que dura de 20 a 50 dias, com o momento de eclosão. Assim, a estação das

paralarvas eclodidas pode ser coincidente com o período de maior disponibilidade de alimento durante seu estágio planctônico. Além disso, velocidades mais altas do vento resultam em águas marinhas mais turvas, reduzindo a penetração da luz, fator crucial para acelerar o processo de maturação.

No geral, as áreas mais rasas dos recifes costeiros e arredores das ilhas oceânicas abrigam indivíduos juvenis que utilizam essas regiões para alimentação e até mesmo para cópulas oportunistas. Quando está pronta para desovar, a fêmea de *O. insularis*, assim como as de várias outras espécies, busca áreas mais profundas, no intuito de proteger sua prole, já que ela se dedica ao cuidado parental durante todo o tempo desde a postura dos ovos. A fêmea põe os ovos dentro de tocas abrigadas e durante todo o desenvolvimento dos embriões, ela protege e oxigena sua prole, deixando de se alimentar durante esse período e morrendo por inanição após a eclosão das paralarvas. O polvo macho também morre após o período reprodutivo, pois investe toda sua energia nesse processo e acaba, da mesma forma, sucumbindo por inanição.

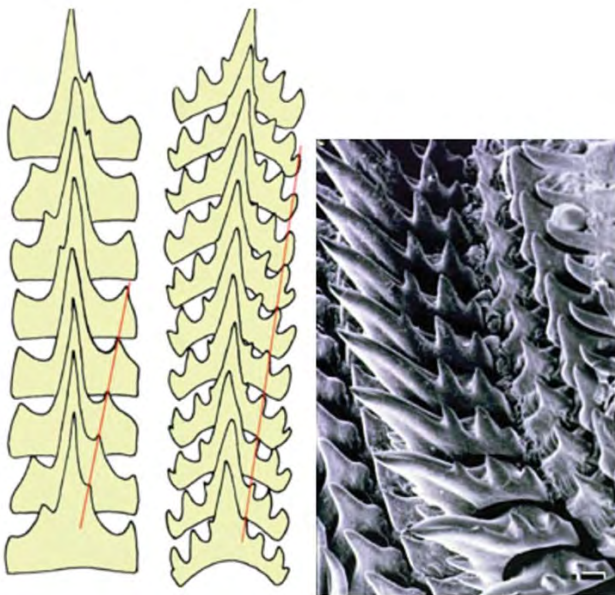


**Figura 5.5 A)** Corte longitudinal de uma glândula oviducal com cisternas vazias (ou espermatecas). **B)** Cisternas oviduais (CO) completamente preenchidas por espermatozoa (EZ). **Fonte** Lima et al. (2014a).

## 5. ALIMENTAÇÃO

Os cefalópodes são predadores ativos de camarões, caranguejos, peixes, outros cefalópodes e, no caso de polvos, moluscos bivalves. Lulas e polvos utilizam os braços e tentáculos para capturar suas presas através de numerosas ventosas ou ganchos córneos, localizados ao longo dos braços e na extremidade dos tentáculos. Em polvos, as ventosas são sésseis, grandes e curtas, e têm uma maior inervação especializada para perceber estímulos químicos. Em lulas e sépias, as ventosas são geralmente pedunculadas e apresentam um anel rígido com pequenos dentes ao redor. Esses anéis também podem se transformar em ganchos, que são utilizados para agarrar as presas com maior eficiência (Vaske, 2011).

Na boca há um par de mandíbulas (bicos), que permite dilacerar as presas que são capturadas pelos braços e tentáculos. Também na boca encontra-se a rádula, uma língua semelhante a uma lixa que leva o alimento para o estômago, que também é usada para raspagem (Fig. 5.6).



**Figura 5.6** Diferentes tipos de rádulas em cefalópodes. Esquerda- *Octopus vulgaris*. Meio- *Callistoctopus macropus*. À direita- *Octopus* sp. **Fonte** *Tree of Life* - Nixon (1995) e Mark Norman.

Os principais componentes do sistema digestivo dos polvos são a massa bucal (duas metades do bico e a rádula dentada), um ou dois pares de glândulas salivares, um esôfago, um estômago muscular, um ceco enrolado unido por dutos emparelhados em uma grande glândula digestiva (equivalente de fígado em cefalópodes) e um intestino culminando no ânus. Os octópodes (e cefalópodes em geral) não são capazes de engolir alimentos inteiros ou presas grandes, em comparação com a maioria dos peixes, pássaros e mamíferos. Vale ressaltar que o esôfago desses animais passa por um canal através do cérebro, tornando bastante importante que os alimentos estejam bastante triturados antes de serem engolidos. Por esse motivo, muitas espécies digerem externamente o alimento, com o auxílio de enzimas presentes nas glândulas salivares, e ingerem uma massa parcialmente digerida. Isso tem consequências diretas para estudos da dieta dos cefalópodes, pois o conteúdo do estômago é macerado em comparação com muitos peixes (Jereb et al., 2014), tornando difícil a identificação das presas via análise de itens presentes nos estômagos desses animais.

Para conhecer mais sobre a ecologia alimentar dos polvos são utilizados métodos diretos e indiretos, sendo os principais: os restos alimentares em tocas, o conteúdo digestivo e observações *in situ* durante eventos de forrageio. Estudos mais recentes utilizam uso dos isótopos estáveis (Smith, 2003; Armendáriz Villegas et al., 2014; Dantas, 2017). Dantas (2017) para estudos que abordam a ecologia alimentar de polvos como método complementar, visto que resultados encontrados no método de restos alimentares das tocas diferiu das análises de isótopos estáveis.

A dieta de *O. insularis* já foi estudada em ambientes insulares e costeiros, de modo que sua alimentação é normalmente composta por pequenos crustáceos, bivalves e gastrópodes (Leite et al., 2008; Leite et al., 2009b; Bouth et al., 2011; Haimovici et al., 2014). Estudo realizado no Atol das Rocas utilizando três métodos de análise de dieta (restos alimentares

em tocas, conteúdo digestivo e isótopos estáveis) encontrou que esses animais também se alimentam de peixes, poliquetas e lagostas (Dantas et al., 2020). Além disso, apresenta estratégia alimentar do tipo minimizadora de tempo (Leite et al., 2009b), optando por predação de modo intenso as espécies de pequeno porte mais frequentes na região, em detrimento de demandar mais tempo para capturar espécies maiores e de melhor valor energético. Essa estratégia tem sido observada em todas as áreas estudadas (Leite et al., 2016).

As lulas são predadoras vorazes e ativas que se alimentam de crustáceos, peixes e também de outros cefalópodes. A velocidade de locomoção das lulas, sua alta mobilidade e sistemas visuais poderosos, junto com braços e tentáculos fortemente musculosos, ambos equipados com ventosas e/ou ganchos, faz desses indivíduos caçadores extremamente eficientes. Uma técnica de caça comum entre as lulas envolve um disparo extremamente rápido para a frente dos tentáculos. A presa capturada é levada à boca, a digestão é rápida e eficiente. São dotados de um mecanismo digestivo eficiente apresentando altas taxas de conversão alimentar, entre 30% e 60%, o que faz com que seu crescimento seja muito rápido (FAO, 2014).

## 6. COMPORTAMENTO

Os cefalópodes destacam-se dentre os demais invertebrados por ter o sistema nervoso mais complexo do grupo, tendo evoluído cérebros relativamente grandes, os quais são divididos em lobos com diferentes funções, incluindo áreas específicas para a consolidação de memória (Young, 1964). Estudos realizados com polvos mostram que com o treino eles conseguem discriminar diferentes objetos tanto visualmente quanto através do tato (Borrelli & Fiorito, 2008). Além disso, a memória espacial já foi bem documentada para *Octopus vulgaris*, de forma que eles evitam procurar comida

em locais em que já exploraram ou retiraram a presa recentemente e conseguem habitar a mesma toca por várias semanas, encontrando o caminho de volta, mesmo se afastando bastante de seu abrigo durante o forrageio (Mather, 1991a; Mather & Anderson, 2010). Também há evidências de aprendizagem social em polvos: após observar um coespecífico previamente treinado realizando uma tarefa, os polvos sem treinamento prévio conseguem realizar a tarefa corretamente (Fiorito & Scotto, 1992).

Os náutilos são os cefalópodes com características mais semelhantes aos representantes primitivos e extintos do grupo (Hanlon et al., 2018). Eles apresentam concha externa, ainda não possuem os cromatóforos e possuem sistema nervoso simples, apresentando, conseqüentemente, comportamentos menos complexos (Budelmann, 1995). Como já mencionado no início do capítulo, a perda da concha nos coleóides tornou esses animais mais ágeis e conferiu aos mesmos a habilidade de mudar a forma e postura do corpo. Além disso, essa nova pressão evolutiva favoreceu o surgimento dos cromatóforos, que permite a alteração da cor da pele desses animais, bem como um recurso adicional nas sépias e nos polvos chamado de papilas, as quais podem se movimentar, permitindo que eles alterem a textura da pele (Hanlon et al., 2018). A combinação desses componentes posturais, cromáticos e texturais é usada de maneira bastante articulada e coordenada através do sistema nervoso, conferindo aos cefalópodes um amplo repertório comportamental. Desta forma, eles são capazes de confundir predadores tanto através da camuflagem, desaparecendo no fundo visual, quanto mimetizando outras espécies e até mesmo objetos ou organismos sésseis como pedras, corais ou esponjas (Hanlon et al., 2008). Além disso, esses animais também utilizam diferentes combinações desses componentes para comunicação visual e interações intraespecíficas complexas, como por exemplo durante o comportamento de corte e acasalamento (Huffard & Godfrey-Smith, 2010; Hanlon et al., 1999). Um caso

interessante do uso da coloração para interações sociais é observado na espécie de lula *Sepioteuthis sepioidea*. Como esses animais formam cardume, quando os machos sucedem em separar a fêmea do grupo durante o comportamento reprodutivo, eles comumente mantêm um padrão de cor em que a metade do corpo que está voltado para a fêmea adquire a coloração marrom, enquanto que o lado que está voltado para o restante do grupo fica claro, com cor pálida prateada (Mather, 2016).

Entre os cefalópodes encontrados no Nordeste do Brasil, os polvos são os mais estudados em relação ao comportamento, sobretudo *Octopus insularis*, por ser a espécie menos críptica da região e facilmente observado em águas rasas.

Estudos realizados com *O. insularis* mostram que esses animais são encontrados principalmente em áreas com fundo rochoso ou de cascalho e que conseguem mudar sua tática de forrageio de acordo com as condições do meio (Leite et al., 2009). A forma mais comum de forrageio descrita para polvos bentônicos é utilizando os braços que detectam a presa com seus receptores quimiotáteis ao realizarem a busca pelo substrato, entre fissuras e embaixo de pedras (Hanlon et al., 2008; Mather, 1991b). Por exemplo, uma das estratégias mais comuns de forrageio realizada por *O. insularis* é explorar os lados das rochas tateando com seus braços (Fig. 5.7). Contudo, foi observado que eles também usam a visão para mudar a direção do ataque ou alterar a estratégia de caça caso uma nova situação apareça (Leite et al., 2009). Em Fernando de Noronha, foi visto que *O. insularis* costuma forragear acompanhado pela pequena garoupa *Cephalopholis fulva*. Quando isso acontece, em uma tentativa de mimetismo, o polvo passa a locomover-se predominantemente através do nado para trás, com propulsão a jato. Durante esta natação, *O. insularis* imita a forma de *Cephalopholis fulva* e também altera o seu padrão de cor para se assemelhar ainda mais com esses peixes (Krajewski et al., 2009). Além disso, um estudo em cativeiro com esta espécie relatou que esses animais

possuem fases de quiescência comportamental comparada ao sono de vertebrados, incluindo pelo menos duas fases de sono (Medeiros et al., 2021).

A espécie conhecida como polvo-fantasma, *Macrotritopus cf. defilippi* é encontrada em águas rasas com fundo arenolamoso nas águas costeiras e ilhas oceânicas como o Atol das Rocas e Fernando de Noronha (Guerrero-Kommritz & Rodriguez-Bermudez, 2019). Mesmo não havendo muito estudo com o comportamento para esta espécie no Nordeste brasileiro, esses animais foram avistados no Caribe imitando o comportamento de natação (postura, estilo, velocidade, duração) e coloração do peixe linguado *Bothus lunatus* (Hanlon et al., 2010), conferindo mais um caso de mimetismo em uma espécie de polvo.

Apesar de os cefalópodes poderem mudar a sua aparência, existem padrões corporais que são espécie-específicos e que podem ser bastante úteis para a identificação de espécies (Leite & Mather, 2008). Esta é uma forma bastante útil por tornar possível a identificação *in situ*, não precisar sacrificar o animal e por evitar usar técnicas mais refinadas e demoradas, como a análise genética. Além disso, estudar o comportamento desses animais, sobretudo em locais em que a pesca se dá de maneira intensa, é importante para saber que áreas são mais utilizadas por juvenis ou para desova, qual a época de reprodução e tempo que esses animais levam para atingir a idade reprodutiva, de forma que um plano de manejo seja realizado de forma eficiente (Leite et al., 2008).

## 7. OS CEFALÓPODES E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O rápido aumento da temperatura global devido às emissões antrópicas de CO<sub>2</sub> tem causado mudanças importantes nas comunidades biológicas, que ameaçam os ecossistemas marinhos em todo o mundo. De acordo com recentes estudos, a média da temperatura da superfície do mar poderá



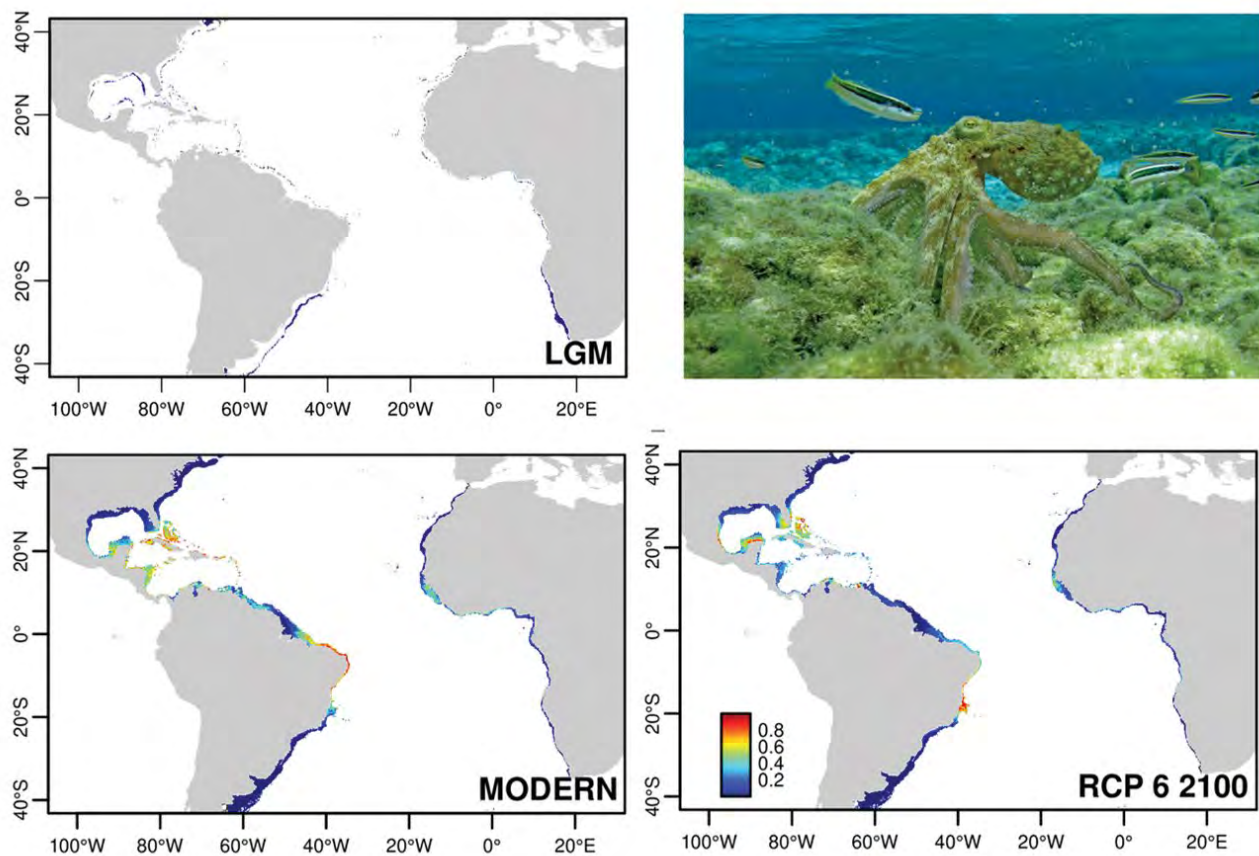
**Figura 5.7** Comportamento de forrageio de *Octopus insularis* em que o animal explora os lados da rocha procurando a presa com os receptores quimiotáteis presentes nos braços. **Fotos** Sylvia Medeiros.

aumentar até 4,5°C, o nível do mar subirá entre 0,7 e 2 m e as isotérmicas marinhas se deslocarão até 600 km em direção aos polos até 2100 (Horton et al., 2014). Essas mudanças causarão um grande impacto na biota marinha, tanto nas espécies de águas rasas e quentes como nas espécies que preferem águas frias, as quais poderão se deslocar para regiões de maiores latitudes ou se mover para águas mais profundas em busca de uma temperatura ideal para manter suas funções vitais.

Animais caracterizados por crescimento rápido, ciclo de vida curto e plasticidade adaptativa, como é o caso de muitos cefalópodes, podem responder mais rapidamente às mudanças climáticas e perturbações ambientais. Além disso, há uma tendência global de proliferação de cefalópodes devido principalmente

à sobre-exploração dos estoques de peixes, o que reduz a predação nesse grupo, bem como diminui as pressões de competição. Essa combinação de características pode favorecer as populações de cefalópodes, principalmente as de águas rasas, tornando-os potenciais indicadores das mudanças climáticas (Rosa et al., 2019).

As previsões da distribuição de *O. insularis* para os cenários futuros mostraram que apesar de um ligeiro deslocamento da linha do equador, a espécie parece aumentar sua distribuição, mantendo a ocorrência na maioria das áreas adequadas observadas no cenário atual. Dessa forma, foi verificada possibilidade de expansão para latitudes mais elevadas tanto no Hemisfério Norte (Golfo do México) quanto no Sul (Sudeste do Brasil) (Fig. 5.8).



**Figura 5.8** A modelagem de nicho ecológico de *Octopus insularis* mostrando a expansão de áreas adequadas ao longo de diferentes cenários climáticos desde o Último Máximo Glacial (LGM), passando pelo presente (*Modern*) até projeções para o ano de 2100 (RCP 6 2100). **Fonte** Lima et al. (2020b).

A temperatura da superfície do mar (TSM) é a variável que mais influencia a distribuição potencial da espécie, seguida pela profundidade e salinidade. Como a TSM vem aumentando desde a última glaciação, as áreas favoráveis para a ocupação de *O. insularis* também estão se ampliando, o que pode torná-lo uma possível ameaça para os recém invadidos ecossistemas marinhos. O aumento da temperatura acelera o processo de desenvolvimento gonadal em polvos e pode aumentar muito as taxas de crescimento em cefalópodes. Uma vez que *O. insularis* já foi registrado em áreas com grande variação de temperatura e salinidade, além de suas taxas de crescimento rápido, alta fecundidade (~ 95.000 ovos) e ciclo de vida curto (<1 ano) (Lima et al., 2014b), é provável que a espécie possa expandir com sucesso sua distribuição para latitudes mais altas em cenários de aquecimento global (Lima et al., 2020b).

A expansão de espécies que têm um amplo espectro de tolerância, como *O. insularis*, pode induzir exclusão competitiva de espécies nativas e, assim, reduzir a diversidade local. Além disso, efeitos sinérgicos podem surgir entre o aquecimento global e a sobrepesca dos principais predadores/competidores de cefalópodes, causando mudanças profundas na estrutura trófica dos ecossistemas marinhos. A expansão de *O. insularis* para o norte do Golfo do México pode colocar em perigo as espécies endêmicas que ocorrem nesta região, como *O. maya*. Esta espécie tem requisitos de habitat semelhantes ao *O. insularis*, como dieta similar (caranguejos, bivalves e gastrópodes) e tipo de substrato. Assim, *O. maya* pode ser excluído competitivamente (ou deslocado para águas mais profundas) devido à sua baixa tolerância a mudanças ambientais e capacidade limitada de dispersão (Ángeles-González et al., 2020). O mesmo pode ocorrer com *O. americanus* no Sul e Sudeste do Brasil (principal espécie de polvo nessa região) e nas águas mais profundas do Nordeste.

Áreas como o Atol das Rocas e algumas regiões de Fernando de Noronha, que possuem piscinas naturais rasas e quentes, são consideradas um oásis para juvenis de *O. insularis*, bem como para outras espécies de invertebrados e peixes. Esses habitats podem se tornar tão quentes a ponto de não serem mais adequados para abrigar essa ampla diversidade de indivíduos, ameaçando a recomposição dos estoques adultos, inclusive de muitas espécies exploradas comercialmente.

É importante salientar que, embora muitas características contribuam para o sucesso dos cefalópodes em cenários de aquecimento global, o aumento da temperatura pode promover mudanças fisiológicas nos indivíduos e ter impactos consideráveis na dinâmica populacional. Estudos recentes demonstraram que, através de simulações, as temperaturas elevadas no ano de 2070 promoverão uma redução do *fitness* de polvos. Poderá ocorrer diminuição nos dias de incubação dos ovos, no tamanho da paralarva, no peso de primeira maturação sexual e tempo médio de geração, causando mudanças desconhecidas para as espécies em particular e, conseqüentemente, na cadeia trófica marinha (Andre et al., 2010).

Assim como os cefalópodes, muitas outras espécies que habitam as águas costeiras e oceânicas do Nordeste brasileiro devem sofrer com os efeitos do aquecimento global, principalmente porque são animais que já vivem em mares quentes. Dessa forma, uma abordagem integrativa usando modelagem de nicho ecológico, genética molecular, respostas fisiológicas e análises ecológicas deve ser conduzida de forma consistente entre outras espécies marinhas, permitindo o monitoramento das flutuações populacionais a fim de propor estratégias eficazes de conservação dos ecossistemas marinhos.

## 8. PESCA E CONSERVAÇÃO

### 8.1. A pescaria de lulas

A pesca de lula tem uma contribuição relativamente pequena para as capturas pesqueiras mundiais, mas essa proporção aumentou de forma constante nas últimas décadas. A produção pesqueira de lulas ainda é pequena em relação à dos peixes, isso porque uma grande proporção da captura mundial é composta por um pequeno número de espécies (Arkhipkin et al., 2015).

Vários tipos de redes são utilizados para a captura de lulas, incluindo redes de armadilha, redes fixas e redes de cerco. São utilizadas também redes de espera e *jigging*. A pesca de lulas ocorre nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, principalmente nos estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo (Perez et al., 2005; Gasalla et al., 2005). As capturas são voltadas para as espécies *Dorytheutys plei*, *Dorytheutys sanpaulensis* e *Lolligunculla brevis*, sendo *D. plei* alvo da pesca artesanal e industrial e *D. sanpaulensis* alvo da captura acessória na pesca de arrasto (Costa et al., 1990; Perez et al., 1999). Na região Nordeste não há registros de pescarias de lulas como espécie alvo.

### 8.2. A pescaria de polvo

Os polvos são capturados em todo o mundo, sendo altamente valorizados para o consumo humano e, em menor grau, como isca (Boyle & Rodhouse, 2004). Diversas técnicas são utilizadas na captura de polvos, podendo variar de pesca de subsistência em pequena escala à pesca comercial em grande escala. As principais técnicas empregadas são:

- 1) captura direta por mão, gancho (bicheiro) ou lança;
- 2) captura de linha (usando iscas);
- 3) uso de potes (sem isca ou isca); e
- 4) uso de redes, incluindo redes de arrasto (Jereb et al., 2014).

No Brasil, a pesca de polvos se desenvolveu nas regiões Sudeste e Sul, onde *Octopus americanus* era tradicionalmente capturado no arrasto dirigido a camarões, em seguida na pesca de espinhel de potes plásticos (Tomas et al., 2008). No Nordeste brasileiro e ilhas oceânicas, a principal espécie capturada é *Octopus insularis*. No entanto, outras duas espécies de polvos de médio e grande porte foram registradas: *Octopus americanus* (Haimovici et al., 2009; Sales et al., 2013) e *Calistoctopus cf. macropus* (Leite & Haimovici, 2006; Haimovici et al., 2009).

A captura de *O. insularis* no Nordeste é realizada através do “Polvejamento” caminhando sobre as pedras ou através do mergulho livre/compressor com o auxílio do bicheiro. Nas últimas décadas, o estado do Ceará iniciou a pesca industrial de polvo com espinhel de potes utilizando barcos da frota lagosteira para esse tipo de pescaria para a captura de polvo como alternativa para a época de defeso da lagosta (*Panulirus* sp.) (Braga et al., 2007).

Na Ilha de Fernando de Noronha, a pesca de *O. insularis* é desenvolvida de forma artesanal através do mergulho livre e essa prática é considerada compatível com a conservação deste recurso. Além disso, algumas medidas como: a restrição das licenças de pesca apenas para pescadores nativos ou residentes a mais de 10 anos, a delimitação de 80 mm de comprimento do manto como o tamanho mínimo de captura, a proteção das áreas com menos de 2 m de profundidade (berçários) e a proibição de pesca por meio de armadilhas e do uso de substâncias irritantes, foram implementadas para garantir o uso do recurso na ilha (Leite et al., 2008b).

O Rio Grande do Norte (RN) é um dos maiores produtores de polvo do Brasil, onde a produção de *O. insularis* é realizada de forma artesanal (IBAMA, 2008). A produção do estado é bastante concentrada em alguns municípios, com destaque para o município de Rio do Fogo (Vasconcelos, 2008). Recentemente, este município iniciou a



pesca de potes, mas de forma artesanal, depois de um experimento que avaliou a viabilidade do uso dos potes na região (Andrade, 2015). Após o experimento, os pescadores começaram a desenvolver potes de cimento para as capturas, só que ao invés de lançarem os potes em espinhel, eles lançam um conjunto de 4 a 10 potes no fundo do mar, registram as coordenadas e depois de 7 dias, retornam ao local para despescar os potes através do mergulho livre.

A cadeia produtiva de *O. insularis*, demonstrou que abastece o polvo de duas maneiras: por meio de um fluxo de comércio interno (local / estadual) e por um fluxo de comércio externo (saindo do estado). Pescadores, intermediários, peixarias, restaurantes e consumidores finais moldam as redes internas e externas da cadeia de valor do polvo. Em ambas, os polvos chegam ao consumidor valorizando até 12 vezes o preço médio pago aos pescadores.

A pesca do polvo criou pelo menos 246 empregos diretos que sustentam 1.285 funcionários e cerca de 1.039 dependentes. Isso representa pelo menos 23,7% da população do município beneficiado com a pesca do polvo. Dessa forma, cerca de ¼ dos moradores locais obtêm benefícios econômicos da exploração de *O. insularis* e a captura total produz 1% do PIB local. Embora não esteja submetida a nenhum ordenamento, a pesca de polvo, tradicionalmente praticada no município, possui um defeso ambiental, uma vez que a pescaria diminui nos meses de água turva (de maio a agosto). Contudo, esta característica isolada não se consiste em uma estratégia de manejo, pois independe da participação e comprometimento dos pescadores, mas apenas de variações naturais no ambiente.

### 8.2.1. Conservação dos estoques de polvos

Estudos realizados com polvos no Nordeste do Brasil através de abordagens genéticas e ecológicas propõem algumas estratégias para conservação dessa modalidade de pesca na região (Lima, 2017):

- > Acompanhamento da pesca de polvos, principalmente em regiões onde mais de uma espécie é explorada, para corretamente quantificar a frequência de ocorrência das espécies nos desembarques pesqueiros. Monitoramento integrativo envolvendo genética molecular e morfologia deve ser realizado sazonalmente com um subconjunto de indivíduos capturados nos principais portos da região para evitar problemas de identificação incorreta das espécies que compõem diferentes estoques pesqueiros. Além disso, o monitoramento permite avaliar se cada espécie está sendo capturada dentro dos comprimentos e/ou pesos mínimos de captura permitidos ( $L_{50}/P_{50}$ ).
- > Recomenda-se manter as capturas até os 15 metros de profundidade, nos estratos onde é realizada a pesca com mergulho livre, pois não foram encontradas fêmeas desovadas (estágio V) nessa área. As fêmeas procuram regiões mais profundas e habitats mais complexos para colocar seus ovos, o que garante proteção à prole.
- > As ilhas oceânicas do Atol das Rocas e Fernando de Noronha devem continuar sendo protegidas, pois abrigam alta diversidade genética e podem auxiliar na reposição dos estoques costeiros.
- > O Arquipélago de São Pedro e São Paulo não é uma importante área de pesca de polvo e provavelmente não tem influência na manutenção de estoques costeiros. Entretanto, o isolamento e auto-recrutamento, a baixa diversidade genética e o reduzido número populacional, podem tornar essa população extremamente susceptível a fatores estocásticos naturais ou antrópicos. Dessa forma é recomendável políticas de não exploração pesqueira nessa pequena, mas importante ilha do Atlântico.

## REFERÊNCIAS

- ACUÑA-PERALES, N.; CÓRDOVA-ZVALETA, F.; ARRESE-FDÁVILA, V.; TORREJÓN-ZEGARRA, R.; RODRÍGUEZ-SALAZAR, J.; GONZÁLEZ-PESTANA, A.; ALFARO-SHIGUETO, J.; MAHGEL, J. C. **Guía de identificación de picos de algunas especies de cefalópodos obtenidos en el Mar Peruano**. LIMA-PERU 2020. 59 p.
- ANDRADE, L. C. A. **Diversidade de cefalópodes e o seu papel no nicho trófico de seus principais predadores nos Arquipélagos de Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo**. 2008. Dissertação (Mestrado), Centro de Biociências, Universidade do Rio Grande do Norte, Natal, 2008. 51 p.
- ANDRADE, L. C. A.; LEITE, T. S.; LINS, J. E. **Ocorrência de cefalópodes na dieta dos peixes oceânicos *Thunnus albacares* e *Acanthocybium solandri*, capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo**, Brasil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR – COLACMAR, 12, Florianópolis-SC. 2007.
- ANDRÉ, J.; HADDON, M.; PECL, G. T. **Modelling climate-change-induced nonlinear thresholds in cephalopod population dynamics**. *Global Change Biology*, v. 16, n. 10, p. 2866–2875, 2010.
- ÁNGELES-GONZÁLEZ, L. E.; LIMA, F. D.; CAAMAL-MONSREAL, C.; DÍAZ, F.; ROSAS, C. **Exploring the effects of warming seas by using the optimal and pejus temperatures of the embryo of three Octopoda species in the Gulf of Mexico**. *Journal of Thermal Biology*, v. 94, 2020.
- ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F.; TOMÁS, A. R. G. **First record of a giant squid *Architeuthis* sp., Steenstrup, 1857 (Cephalopoda: Architeuthidae) in Brazilian waters**. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 18, p. 83-88, 1991.
- ARKHIPKIN, A.; RODHOUSE, P. G. K.; PIERCE, G. J.; SAUER, W.; SAKAI, M.; ALLCOCK, L.; ARGUELLES, J.; BOWER, J. R.; CASTILLO, G.; CERIOLO, L.; CHEN, C.; CHEN, X.; DIAZ-SANTANA, M.; DOWNEY, et al. **World Squid Fisheries, Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, 23:2, 92-252, 2015. DOI: 10.1080/23308249.2015.1026226.
- ARMENDÁRIZ VILLEGAS, E.J.; VÁSQUEZ-CEBALLOS, B.P.; MARKAIDA, U.; ABITIA-CÁRDENAS, A.; MEDINA-LOPEZ, M.A.; ARELLANO-MARTÍNEZ, M. **Diet of *Octopus bimaculatus* Verrill, 1883 (Cephalopoda: Octopodidae) in Bahía de Los Ángeles, Gulf of California**. *Journal of Shellfish Research*, 33 (1): p. 305-314. 2014.
- AVENDAÑO, O.; ROURA, A.; CEDILLO-ROBLES, C.E.; GONZALEZ, A.; RODRIGUEZ-CANUL, R.; VELAZQUEZ-ABUNADER, I.; GUERRA, A. ***Octopus americanus*: a cryptic species of the *O. vulgaris* species complex redescribed from the Caribbean**. *Aquat Ecol* 2020. [https://doi.org/10.1007/s10452-020-09778-6\(0123456789\).,-volV\)\( 01234567](https://doi.org/10.1007/s10452-020-09778-6(0123456789).,-volV)( 01234567).
- BORRELLI, L.; FIORITO, G. **Behavioral Analysis of Learning and Memory in Cephalopods**, Editor(s): John H. Byrne, **Learning and Memory: A Comprehensive Reference**. Academic Press, p. 605-627, 2008. ISBN 9780123705099. <https://doi.org/10.1016/B978-012370509-9.00069-3>.
- BOUTH, H.F.; LEITE, T.S.; LIMA, F.D.; OLIVEIRA, J.E.L. **Atol das Rocas: an oasis for *Octopus insularis* juveniles (Cephalopoda: Octopodidae)**. *Zoologia*, 28: p. 45-52, 2011.
- BOYLE, P.; RODHOUSE, P. G. **Cephalopods: ecology and fisheries**. Blackwell Science, Oxford. 2005. 464 p.
- BUDELMANN, B. U. **The cephalopod nervous system: What evolution has made of the molluscan design**. In: Breidbach O., Kutsch W. (eds) *The Nervous Systems of Invertebrates: An Evolutionary and Comparative Approach*. *Experientia Supplementum*, v. 72, p. 115-138, Birkhäuser Basel, 1995. [https://doi.org/10.1007/978-3-0348-9219-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-0348-9219-3_7)
- COLABUONO, F. I.; VOOREN, C. M. **Diet of black-browed *Thalassarche melanophrys* and Atlantic yellow-nosed *T. chlororhynchos* albatrosses and white-chinned *Procellaria aequinoctialis* and sectacled *P. conspicillata* petrels off southern Brazil**. *Marine Ornithology*, v.35, p. 9-20, 2007.
- CAPITOLI, R. R.; HAIMOVICI, M. **Alimentacion del besugo (*Pagrus pagrus*) en el extremo sur del Brasil**. *Frente Marítimo*, v.14, sec.A, p.81-86, 1993.
- CARVALHO, FO; MARCOVALDI, G.; SAMPAIO, C. L. S.; PAIVA, M. I. G.; DUARTE, L. A. G. **First report of rare pomfrets (Teleostei: Bramidae) from Brazilian waters, with a key to Western Atlantic species**. *Zootaxa*, v. 2290, p.1-26, 2009.
- COATES, A. G.; JACKSON, J. B. C.; COLLINS, L. S., et al. **Closure of the Isthmus of Panama: The near-shore marine record of Costa Rica and western Panama**. *Geological Society of America Bulletin*, v. 104, p. 814–828, 1992.
- COSTA, P. A. S.; OLAVO, G.; MARTINS, A. S. (Eds.) **Biodiversidade da fauna marinha profunda na costa central brasileira**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007. 184 p.
- COSTA, P. A. S.; FERNANDES, F. C. **Seasonal and spacial changes of cephalopods caught in the Cabo Frio (Brazil) upwelling ecosystem**. *Bulletin of Marine Science*, v.52, n.2, p.751-759. 1993.
- FIORITO, G.; SCOTTO, P. **Observational learning in *Octopus vulgaris***. *Science*, v. 256, p. 545–547, 1992. <https://doi.org/10.1126/science.256.5056.545>
- GASALLA, M. A.; POSTUMA, F. A.; TOMÁS, A. R. G. **Captura de lulas (Mollusca: Cephalopoda) pela pesca industrial desembarcada em Santos: comparação após 4 décadas**. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v.9, n.2, p. 5-8, 2005.


- GUERRERO-KOMMRITZ, J.; RODRIGUEZ-BERMUDEZ, A. **Soft-bottom octopods (Cephalopoda: Octopodidae) of the southern Caribbean with the description of a new species of *Macrotritopus***. *Mar Biodiv*, v. 49, p. 1197–1215, 2019. <https://doi.org/10.1007/s12526-018-0903-8>
- GONZÁLEZ-GÓMEZ, R.; BARRIGA-SOSA, IDLA; PLIEGO-CÁRDENAS, R., et al. **An integrative taxonomic approach reveals *Octopus insularis* as the dominant species in the Veracruz Reef System (southwestern Gulf of Mexico)**. *PeerJ*, v. 6:e6015, p. 1–30, 2018.
- HAIMOVICI, M.; ANDRIGUETTO, J. M. **Cefalópodes costeiros na pesca de arrasto do litoral sul do Brasil**. *Arquivos de Biologia e Tecnologia (TECPAR)*, Curitiba, v.29, n.3, p. 473-495. 1986.
- HAIMOVICI, M.; PEREZ, J. A. A. **Coastal cephalopod fauna of southern Brazil**. *Bulletin of Marine Science*, v.49, p.211-230, 1991.
- HAIMOVICI, M.; PIATKOWSKI, U.; SANTOS, R. A. **Cephalopod paralarvae around tropical seamounts and oceanic islands off the northeastern coast of Brazil**. *Bulletin of Marine Science*, v.71, n.1, p. 313-330. 2002.
- HANLON, R.; MAXWELL, M.; SHASHAR, N.; LOEW, E.; BOYLE, K. L. **An Ethogram of Body Patterning Behavior in the Biomedically and Commercially Valuable Squid *Loligo pealei* off Cape Cod, Massachusetts**. *The Biological Bulletin*, v. 197, p. 49-62, 1999. <https://doi.org/10.2307/1542996>
- HAIMOVICI, M.; FREIRE, M. A.; FISCHER, L.; CONCEIÇÃO, W. V. **Abundância relativa e tamanhos de teleósteos e cefalópodes em águas costeiras da Plataforma Sul**. In: Vooren, C. M.; Klippel, S. (Eds.). *Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil*. Porto Alegre: Igaré, p. 121-127. 2005.
- HAIMOVICI, M.; LEITE, T. S.; MARINHO, R. A.; BATISTA, B.; MADRID, R. M.; LINS OLIVEIRA, J. E.; LIMA, F. D.; CANDICE, L. **As pescarias de polvos do nordeste do Brasil**. In: Haimovici, M.; Andriguetto Filho, J.M.; Sunye, P. S. (Eds.) *A pesca marinha e estuarina no Brasil: estudos de caso multidisciplinares*. Rio Grande: FURG, p. 147-15, 2014.
- HANLON, R.; VECCHIONE, M.; ALLCOCK, L. **Octopus, Squid, and Cuttlefish: A Visual, Scientific Guide to the Oceans' Most Advanced Invertebrates**. University of Chicago Press, 2018. 224 p.
- HANLON, R. T.; CONROY, L. A.; FORSYTHE, J. W. **Mimicry and foraging behaviour of two tropical sand-flat octopus species off North Sulawesi, Indonesia**. *Biological Journal of the Linnean Society*, V. 93, p. 23–38, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2007.00948.x>
- HANLON, R. T.; WATSON, A. C.; BARBOSA, A. **A “Mimic Octopus” in the Atlantic: Flatfish Mimicry and Camouflage by *Macrotritopus defilippi***. *The Biological bulletin*, v. 218, p. 15-24, 2010. <https://doi.org/10.1086/BBLv218n1p15>
- HORTON, B. P.; RAHMSTORF, S.; ENGELHART, S. E.; Kemp, A. C. **Expert assessment of sea-level rise by AD 2100 and AD 2300**. *Quaternary Science Reviews journal*, v. 84, p. 1–6, 2014.
- HOVING, H. T.; PEREZ, J. A.; BOLSTAD, K. S. R.; et al. **The Study of Deep-Sea Cephalopods**. *Advances in Marine Biology*: chapter three, Maryland Heights, Academic Press, v. 67, p. 235\2013359, 2014. DOI: 10.1016/b978-0-12-800287-2.00003-2.
- HUFFARD, C. L.; GODFREY-SMITH, P. **Field observations of mating in *Octopus tetricus* Gould, 1852 and *Amphioctopus marginatus* (Taki, 1964) (Cephalopoda: Octopodidae)**. *Molluscan Research*, v. 30, n. 2, p. 81–86, 2010.
- JEREB, P.; ROPER, C. F. E. *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes No. 4. Vol. 2. Cephalopods of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Cephalopod Species Known to Date*. In: *FAO Fish. Synop 3*, 2010. 277 p.
- JEREB, P.; ROPER, C. F. E.; NORMAM, M. D.; FINN, J. K. *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes No. 4. Vol. 1. Cephalopods of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Cephalopod Species Known to Date*. In: *FAO Fish. Synop 3*, 2014. 277 p.
- DANTAS, R. J. S.; LEITE, T. L.; ALBUQUERQUE, C. Q. **Assessing the diet of octopuses: traditional techniques and the stable isotopes approach**, *Journal of Molluscan Studies*, v. 86, n 3, 2020, 210–218, <https://doi.org/10.1093/mollus/eyaa003>
- KRAJEWSKI, J. P.; BONALDO, R. M.; SAZIMA, C.; SAZIMA, I. **Octopus mimicking its follower reef fish**, *Journal of Natural History*, v. 43:3-4, p. 185-190, 2009. <https://doi.org/10.1080/00222930802450965>
- KRÖGER, B.; VINTHER, J.; FUCHS, D. **Cephalopod origin and evolution: A congruent picture emerging from fossils, development and molecules**. *Bioessays*, v. 33, p. 602–613, 2011.
- LEITE, T.S.; HAIMOVICI, M.; MATHER, J. ***Octopus insularis* (Octopodidae), evidences of a specialized predator and a time-minimizing hunter**. *Marine Biology*, v. 156, p. 2355–2367, 2009. <https://doi.org/10.1007/s00227-009-1264-4>
- LEITE, T.S.; HAIMOVICI, M.; MATHER, J.; LINS-OLIVEIRA, J. E. **Habitat, distribution, and abundance of the commercial octopus (*Octopus insularis*) in a tropical oceanic island, Brazil: information for management of an artisanal fishery inside a marine protected area**. *Fisheries Research*, 98: 85-91. 2009b.
- LEITE, T.S.; MATHER, J. A. **A new approach to octopuses body pattern analyses: A framework for taxonomy and behavioral studies**. *American Malacological Bulletin*, v. 24, p. 31-42, 2008.

- LEITE, T. S.; HAIMOVICI, M.; OLIVEIRA, J. E. L. **Uma Proposta de Manejo para a Pesca do Polvo *Octopus insularis* Leite & Haimovici, 2008 (Mollusca: Cephalopoda) no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil.** Arquivos de Ciências do Mar, v. 41, n. 1, p. 81-89, 2008.
- LESSA, R.; ALMEIDA, Z. **Analysis of stomach contents of the smalltail shark *Carcharhinus porosus* from northern Brazil.** Cybium, v.21, n.2, p.123-133, 1997.
- LIMA, F. D.; STRUGNELL, J.M., LEITE, T. S. and LIMA, S. M. Q. **A biogeographic framework of octopod species diversification: the role of the Isthmus of Panama.** PeerJ 8:e8691 <http://doi.org/10.7717/peerj.8691> 2020a.
- LIMA, F.; ÁNGELES-GONZÁLEZ, L. E.; LEITE, T. S.; LIMA, S. M. Q. **Global climate changes over time shaping the environmental niche distribution of *Octopus insularis* (Cephalopoda: Octopodidae) in the Atlantic Ocean.** Marine Ecology Progress Series, v. 652, p. 111–121, 2020b.
- LIMA, F. D.; LEITE, T. S.; HAIMOVICI, M.; NOBREGA, M. F.; LINS OLIVEIRA, J. E. **Population structure and reproductive dynamics of *Octopus insularis* (Cephalopoda: Octopodidae) in a coastal reef environment along northeastern Brazil.** Fisheries Research, v. 152, p. 86–92, 2014a.
- LIMA, F. D.; LEITE, T. S.; HAIMOVICI, M.; LINS OLIVEIRA, J. E. **Gonadal development and reproductive strategies of the tropical octopus (*Octopus insularis*) in northeast Brazil.** Hydrobiologia, v. 725, n. 1, p. 7–21, 2014b.
- LIMA, G. S. F. **Estudo biológico de cefalópodes da Zona Econômica Norte brasileira ZEE N/BR – programa REVIZEE Score Norte.** In: Simpósio Amazônia, cidades e geopolítica das águas, p.101-197, Belém, 2003.
- LUCENA, F. M.; VASKE JR., T.; ELLIS, J. R.; O'BRIEN, C. M. **Seasonal variation in the diets of bluefish *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae) and striped weakfish *Cynoscion guatucupa* (Sciaenidae) in southern Brazil: implications of food partitioning.** Env. Biol. Fishes, v.57, n.4, p. 423-434. 2000.
- MARTINS, A. S.; OLAVO, G.; COSTA, P. A. S. **Recursos demersais capturados com espinhel de fundo no talude superior da região entre Salvador (BA) e o Cabo de São Tomé (RJ).** In: COSTA, P. A.S.; MARTINS, A.S.; Olavo, G. (Eds.). Pesca e potencial de exploração de recursos vivos da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional, (Série Livros, n.13). p.109-128, 2005.
- MATHER, J. A.; ANDERSON, R. C.; WOOD, J. B. **Octopus: The Ocean's Intelligent Invertebrate.** Portland, London: Timber Press, 2010. 208 p.
- MATHER, J. A. **Navigation by spatial memory and use of visual landmarks in octopuses.** Journal of Comparative Physiology A, v. 168, p. 491–497, 1991a. <https://doi.org/10.1007/BF00199609>
- MATHER, J. A. **Foraging, feeding and prey remains in middens of juvenile *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda)** Journal of Zoology, v. 224, p. 27-39, 1991b. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1991.tb04786.x>
- MATHER, J. A. **Mating games squid play: reproductive behavior and sexual skin displays in Caribbean reef squid *Sepioteuthis sepioidea*.** Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, v. 49, p. 359–373, 2016.
- MATTHEWS, H. R.; RIOS, E. C. **Terceira contribuição ao inventário dos moluscos marinhos do nordeste brasileiro.** Arq. Ciênc. Mar, v.9, n.1, p.27-35. 1969.
- MEDEIROS, S. L. S.; PAIVA, M. M. M.; LOPES, P.H.; BLANCO, W.; LIMA, F. D.; OLIVEIRA, J. B. C.; MEDEIROS, I. G.; SEQUERRA, E. B.; SOUZA, S.; LEITE, T. S.; RIBEIRO, S. **Evidence of Sleep Cycle Analogous to Vertebrate SWS/REM Alternation in the Octopus.** Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3640822> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3640822>
- MISEREZ, A., SCHNEBERK, T., SUN, C., ZOK, F. & WAITE, H. **The Transition from Stiff to Compliant Materials in Squid Beaks.** Science 319, p. 1816 – 1819. 2008.
- MONTES, C. et al. **Middle Miocene closure of the Central American Seaway.** Science, v. 348, n. 6231, p. 226–229, 2015.
- NESIS, K. N. **Cephalopods of the world.** Moscou: T.F.H. Publications, 1987. 351 p.
- PERES, M. B.; HAIMOVICI, M. **Alimentação do cherne-poveiro *Polyprion americanus* (Polyprionidae, Teleostei) no sul do Brasil,** Atlântica, Rio Grande, v.25, n.2, p. 201-208, 2003.
- PEREZ, J. A. A.; MARTINS, R. S.; SANTOS, R. A. **Cefalópodes capturados pela pesca comercial de talude no Sudeste e Sul do Brasil.** Notas Técnicas da Facimar, Itajaí, v.8, p. 65-74. 2004.
- RIOS, E. C. **Brazilian marine mollusks iconography.** Porto Alegre: Emma, 91 plates, 1975. 31p.
- RIOS, E. C. **Seashells of Brazil.** 2.ed. Rio Grande: Ed. Furg, 1994. 492 p.
- RODRIGUES, A. R.; GASALLA, M, A. **Spatial and temporal patterns in size and maturation of *Loligo plei* and *Loligo sanpaulensis* (Cephalopoda : Loliginidae) in Southeastern Brazilian waters, between 23° S and 27° S.** Scientia Marina, v.72, n.4, p. 631-643, 2008.
- ROSA, R.; PISSARRA, V.; BORGES F. O., et al. **Global patterns of species richness in coastal cephalopods.** Frontiers in Marine Science, v. 6, n. JUL, p. 1–16, 2019.

- SIMONE, L. R. L.; MEZZALIRA, S. **Fossil Molluscs of Brazil**. São Paulo: Coordenadoria de Informações Técnicas, v.1, 1994. 202 p
- SMITH, C.D. **Diet of *Octopus vulgaris* in False Bay, South Africa**. *Marine Biology*, 143: p. 1127-1133. 2003.
- SOBRAL, A. DA C. S. **Os amonóides da bacia da Paraíba: implicações cronoestratigráficas, paleoecológicas e paleobiogeográficas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2011. 116 p.
- VASKE JR, T. **Lulas e polvos da costa brasileira / Teodoro Vaske Júnior; Francisco de Assis Pereira da Costa (colab.)**. Coleção Habitat, v. 5. – Fortaleza: UFC / LABOMAR / NAVE, 123-2011. 132 p.
- VASKE JR., T. **Cefalópodes oceânicos da zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil**. *Boletim do Instituto de Pesca*, v.31, n.2, p.137-146. 2005.
- VASKE JR., T.; CASTELLO, J. P. **Conteúdo estomacal da albacora-laje, *Thunnus albacares*, durante o inverno e primavera no sul do Brasil**. *Rev. Bras. Biol.*, v.58, n.4, p. 639-647. 1998.
- VASKE JR., T; LESSA, R. P. **Feeding habits of the common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*), in the Northeastern Brazil's Exclusive Economic Zone**. *Arq. Ciênc. Mar*, v.37, p.131-138. 2004.
- VASKE, JR., T.; RINCÓN FO, G. **Conteúdo estomacal dos tubarões azul (*Prionace glauca*) e anequim (*Isurus oxyrinchus*) em águas oceânicas no Sul do Brasil**. *Rev. Bras. Biol.*, v.58, n.3, p. 443-450, 1998.
- WANNINGER, A.; WOLLESEN, T. **The evolution of molluscs**. *Biological Reviews*, v. 94, n. 1, p. 102–115, 2019.
- WEBERS, G. F.; YOCHELSON, E. L. **Late Cambrian molluscan faunas and the origin of the Cephalopoda**. *Geological Society Special Publication*, v. 47, n. 47, p. 29–42, 1989.
- YOUNG, J. Z. **Paired centres for the control of attack by Octopus**. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 159, p. 565–588, 1964. <http://doi.org/10.1098/rspb.1964.0020>.
- ZALESKI, T. **Posição sistemática e dinâmica populacional da lula *Lolliguncula brevis* (Mollusca: Cephalopoda)**. 140f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, 2005.

# CRUSTÁCEOS MALACOSTRACOS MARINHOS: ASPECTOS ECOMORFOLÓGICOS DOS PRINCIPAIS GRUPOS DO NORDESTE DO BRASIL

6



Jesser F. SOUZA-FILHO<sup>1</sup>  
Catarina de Lourdes ARAÚJO-SILVA<sup>1</sup>  
Débora Lucatelli de ALBUQUERQUE<sup>1</sup>  
Marina de Sá Leitão Câmara de ARAÚJO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
<sup>2</sup> Universidade de Pernambuco - UPE



## 1. INTRODUÇÃO

O subfilo Crustacea (do Latim “*crusta*” = carapaça dura) está entre os animais mais conhecidos e apreciados pela população em geral e representam o grupo mais abundante, com maior diversidade e maior distribuição nos oceanos. Vivendo amplamente em ambientes marinhos, dulcícolas e terrestres, os crustáceos representam um dos grupos mais bem-sucedidos nos processos de adaptação às condições desses ambientes. São encontrados desde o supralitoral até às maiores profundezas dos oceanos (11.000 m de profundidade). Atualmente, existem aproximadamente 52 mil espécies marinhas descritas de um total de cerca de 72 mil (incluindo formas fósseis) distribuídas em mais de 1.000 famílias, com uma estimativa que possa existir entre 5 a 10 vezes mais espécies para serem descobertas, especialmente nos ambientes de mar profundo. Representam, portanto, um grupo muito diverso e com grande plasticidade morfológica, podendo medir desde 10  $\mu\text{m}$  (Tantulocarida) até 4 m de envergadura de patas. Sua amplitude morfológica supera a dos insetos, como destacou Martin e Davis (2001): “nenhum grupo de plantas ou de animais no planeta apresenta a amplitude de diversidade morfológica observada entre os crustáceos”.

O padrão de evolução do grupo é tipicamente marinho, com invasões múltiplas dos ecossistemas dulcícolas (rios, lagos, poças temporárias, lençóis freáticos e cavernas) e terrestres (desde o supralitoral até grandes altitudes). Os crustáceos podem ser planctônicos, bentônicos e nectônicos, desempenhando papel fundamental em vários níveis tróficos, uma vez que exploram de diversas formas os recursos alimentares nos ambientes onde vivem (Fig. 6.1). Por apresentarem uma carapaça dura e quitinosa, rica em carbonato de cálcio, seu registro fóssil é abundante.

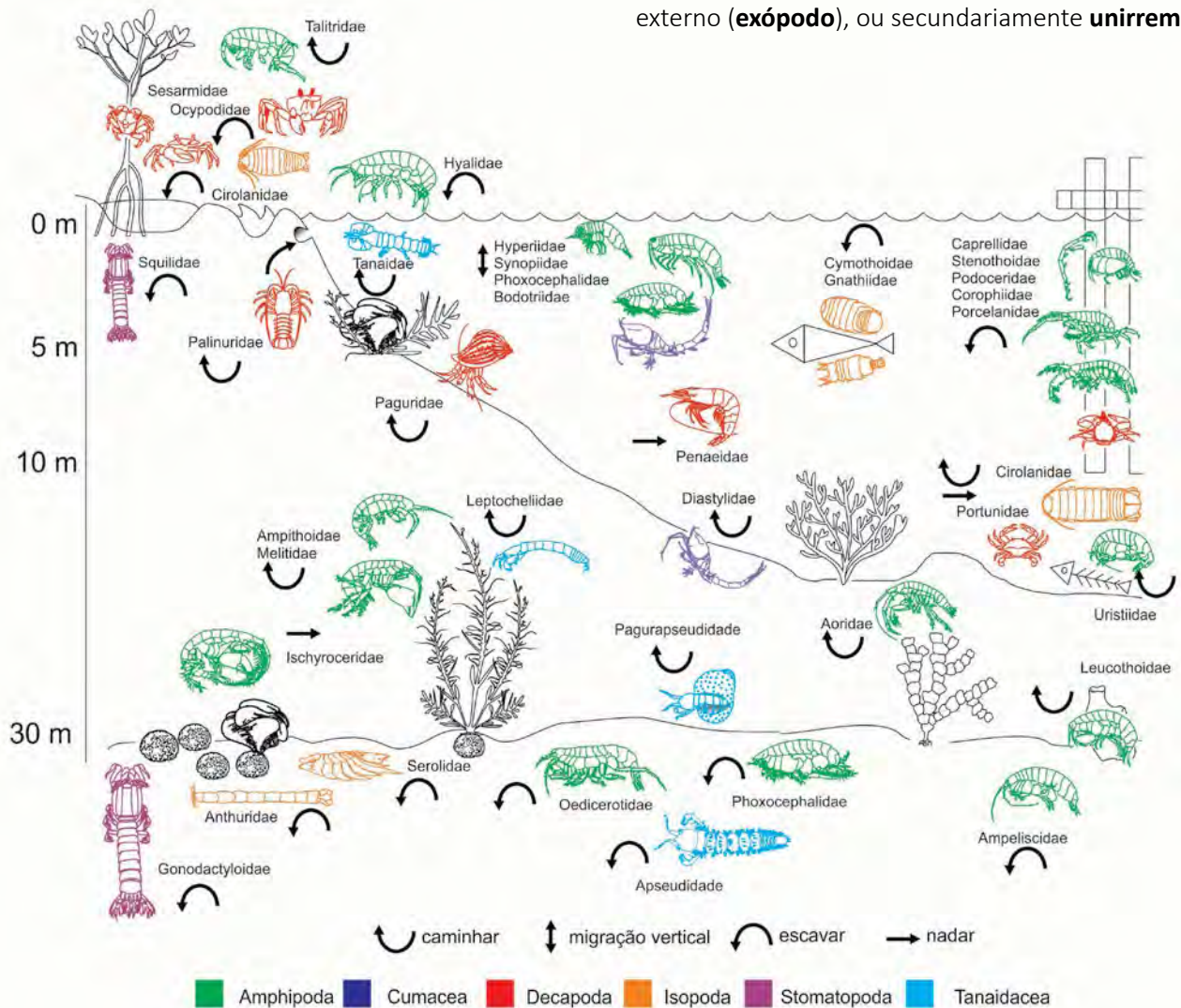
No Brasil, e em especial nas regiões Norte e Nordeste, os estudos sobre os crustáceos remota os primórdios da exploração do continente americano, quando os naturalistas europeus descreveram as primeiras espécies para essas regiões. Num cenário mais recente, a contribuição estrangeira continua na medida que o Brasil recebe muitas expedições oceanográficas do continente Europeu e Americano (**ex:** *Challenger Expedition* 1872-1876) até que os primeiros Museus e Institutos de Oceanografia são inaugurados (entre 1900 e 1960). Daí em diante a carcinafauna brasileira foi amplamente estudada, dos quais podem se destacar os caranguejos,

camarões e lagostas. Neste capítulo serão abordadas as principais características morfológicas desse grupo, com ênfase na classe Malacostraca, levando em consideração a diversidade e padrões ecológicos encontrados no Nordeste do Brasil.

## 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DE CRUSTACEA

O corpo em geral é fortemente tagmatizado, composto por **cefálo** ou **cabeça** com 6 segmentos,

incluindo pré-ácron, **tronco** multi-segmentado e muitas vezes subdividido em **tórax** ou **pereon** e um **abdômen posterior** ou **pleon**, nos malacostracos (Fig. 6.2). O céfalo apresenta sempre cinco apêndices: antênula (antena 1), antena (antena 2), mandíbula, maxílula (maxila 1) e maxila (maxila 2). Os segmentos torácicos podem ser chamados de **toracômeros** ou **pereonitos**, e os apêndices correspondentes **toracópodos** ou **pereópodos**, enquanto que os segmentos abdominais são os **pleonitos** e seus apêndices de **pleópodos**. Esses apêndices são primordialmente **birremes**, formados por um ramo interno (**endópodo**) e um ramo externo (**exópodo**), ou secundariamente **unirremes**.



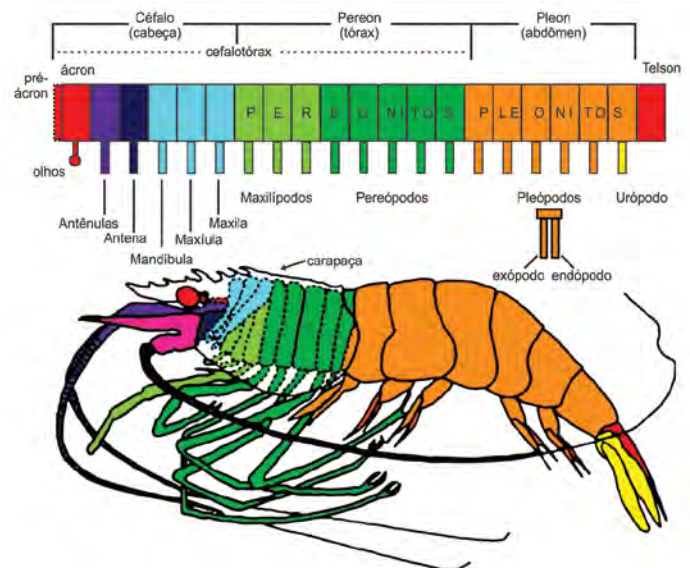
**Figura 6.1** Habitats de ocorrência dos crustáceos, com representantes dos principais grupos de Malacostraca. **Adaptado** de Hughes e Ahnyng (2016).



O **escudo cefálico** ou **carapaça** pode ser ausente (**ex:** *Artemia*) ou presente recobrimdo parcialmente um ou mais segmentos do pereon formando o **cefalotórax** (**ex:** tatuzinho de jardim, camarões, entre outros) ou corpo inteiro do animal (**ex:** cracas e ostracoda). Quando um ou mais segmentos torácicos anteriores são incorporados à cabeça, os apêndices correspondentes geralmente se tornam **maxilípodos**. Cada segmento torácico é formado por duas placas, sendo uma dorsal e convexa (**tergo**) e outra ventral e relativamente plana (**esterno**). A parte posterior do pleon pode apresentar um leque caudal formado pelo **télson + urópodos** ou uma **furca caudal**, eventualmente o último segmento do pleon fusiona com o télson formando uma estrutura conhecida como **pleotélson** (**ex:** isópodos).

A parede do corpo de um crustáceo é formada por uma **cutícula** quitinosa com impregnação de carbonato de cálcio, complexa disposta em várias camadas imediatamente acima da epiderme. O sistema nervoso em muito se assemelha ao dos anelídeos. O cérebro (supraesofágico) é formado pelo fusionamento de alguns gânglios (**protocérebro, deutocérebro e tritocérebro**), desses seguem dois cordões nervosos ventrais por todo o corpo, com um par de gânglio em cada segmento. Os crustáceos apresentam muitas estruturas sensoriais externas associadas ao sistema nervoso bem desenvolvido. Entre elas se destacam olhos, cerdas táteis e quimiorreceptoras e estatocistos. Os olhos podem ser medianos e simples, frequentemente chamado de **olho naupliar**, ou podem ser **compostos laterais**, podendo ser “sésseis” ou pedunculados. Outras estruturas sensoriais muito diversas nos crustáceos são as **cerdas**. Existem dois tipos principais de órgãos excretores nefridiais: **glândulas antenais** (ou **glândulas verdes nos decápodos**) e **maxilares**. A circulação nos crustáceos é aberta. O coração é dorsal e sua localização depende da posição das **brânquias**, nos decápodos é anterior (no tórax), mas em muitos malacostracos (**ex:** isópodos), com brânquias associados aos pleópodos, ele é posterior (pleon). O sangue contém uma baixa concentração

do pigmento **hemocianina**, um líquido viscoso contendo cobre, que é dissolvido na **hemolinfa**. No geral, eles são **dioicos**, com exceção dos Remipedia, Cephalocarida, maioria dos Cirripedia e alguns decápodos que são **hermafroditas**. O **sistema reprodutor** consiste de gônadas duplas e alongadas que podem ocupar grande parte do tórax, nos cirripédios elas são localizadas na região cefálica. A **fecundação** é interna, mesmo nas formas parasitas (**ex:** Pentastomida), com retenção e liberação dos ovos diretamente no ambiente. No geral, os crustáceos liberam ovos que eclodem numa larva **nauplio**, que apresenta um olho medial dorsal ou **olho naupliar** e três somitos com os seguintes apêndices: antena 1, antena 2 e mandíbulas, respectivamente, todos com função natatória neste estágio. O desenvolvimento pode ser direto ou misto. No desenvolvimento direto as fases larvais são retidas e ao eclodir os indivíduos juvenis possuem características típicas dos adultos. O desenvolvimento misto consiste numa fase embrionária dentro dos ovos onde após a eclosão é liberada uma larva bem definida. Essa larva passar por várias mudas, envolvendo uma ou mais **metamorfoses** até a fase juvenil, cada



**Figura 6.2** Tagmas e apêndices associados a morfologia geral de Crustacea. **Adaptado** University of Bristol (2004).

período desses é chamado de fase. O crescimento dos crustáceos, assim como é típico para os demais artrópodos, envolve necessariamente a liberação do exoesqueleto antigo (**muda** ou **ecdise**) e síntese de um novo. Esse processo é regulado pela ação antagonista de pelo menos dois tipos de hormônios, **hormônio inibidor da muda (HIM)** e **ecdisona ou hormônio da muda (HM)**.

### 3. PRINCIPAIS REPRESENTANTES MARINHOS – CLASSE MALACOSTRACA

Entre os organismos macrobentônicos e nectobentônicos, os crustáceos do grupo monofilético Malacostraca, de acordo com as recentes revisões filogenéticas com dados moleculares, são os mais bem representados em número de espécies, abundância e biomassa no ambiente marinho. Atualmente é o maior grupo de crustáceos com mais de 40 mil espécies descritas e segundo revisões recentes é aceito como um grupo monofilético subdividido em duas subclasses Phyllocarida (Leptostraca) e Eumalacostraca (Hoplocarida + Eucarida + Peracarida + Sincarida). Este grupo é caracterizado por apresentar corpo formado por 19 a 20 segmentos, com um padrão 5:8:6 ou 5:8:7, sendo cabeça com cinco segmentos, tórax com oito e abdômen com seis, com exceção de Leptostraca que possui 7, posição definida dos gonóporos, fêmeas no sexto segmentos torácico e machos no oitavo, e segmentos abdominais birremes. Sendo assim, destacamos os principais grupos de malacostracos neste capítulo (ver Tab. 6.1).

#### Subclasse Hoplocarida Calman, 1904 Ordem Stomatopoda Latreille, 1817

##### Características gerais

Os animais desta ordem diferenciam-se dos demais crustáceos por apresentarem características morfológicas peculiares, como corpo achatado dorsoventralmente, subdividido em cabeça, tórax

e abdômen (Fig. 6.3). A cabeça contém um par de grandes olhos compostos e pedunculados, assim como um par de antênulas (trirremes) e um de antenas. Os olhos são os mais especializados do reino animal, sendo independentes, com visão colorida policromática, constituído de diversos canais espectrais de luz UV, sendo capazes de distinguir até luz polarizada. Essa especialização varia entre famílias e gêneros, sendo adaptada ao tipo de ambiente que o animal habita (mais desenvolvida em ambientes recifais). Um rostro móvel mediano, articulado anteriormente a carapaça, cobre a base dos pedúnculos oculares. A região dorsal é parcialmente coberta por uma carapaça em forma de escudo, que recobre a cabeça e os quatro primeiros segmentos torácicos, os quais possuem um par de toracópodos, sendo o primeiro par longo e fino (utilizado na limpeza), e o segundo dotado de garras raptorais preênses e subqueladas, utilizadas principalmente na captura de alimento e autodefesa. Terceiro ao quinto toracópodo modificados em maxilípodos, sendo utilizados no manuseio do alimento. Toracópodos (pereópodos) 6 a 8, são alongados e possuem função de locomoção sobre o substrato, sendo o último par portador do pênis nos machos (nas fêmeas existe um par de abertura ventral – gonóporo – no quinto somito torácico). O abdômen é formado por seis segmentos, possuindo do primeiro até o quinto, um par de pleópodos, com brânquias. O primeiro par de pleópodos possui endópodo modificado nos machos, para auxiliar na cópula, chamado de petasma. O sexto segmento abdominal apresenta como apêndices um par de urópodos e um grande télson (de importância taxonômica), que juntos formam o chamado leque caudal, utilizado como propulsor em caso de fuga e principalmente como escudo defensor em lutas com outros estomatópodos.

Possuem boca conectada diretamente ao estômago grande, que se estende por toda região anterior do tórax. O trato digestivo está distribuído ao longo do corpo até o télson. O coração é constituído de um longo tubo com 13 pares de óstios, distribuídos



ao longo do corpo. Sistema hemal com artérias e capilares bem desenvolvidos. O sistema nervoso é composto por um cérebro tripartido (característico de Crustacea), um par de conectivos circum-entéricos bem longos e um gânglio subesofágico formado pela fusão dos gânglios da cabeça e dos cinco primeiros toracópodos. Os apêndices subsequentes são inervados pelos gânglios segmentares do cordão nervoso ventral. As antenas são sensoriais (quimiorreceptores), auxiliando na detecção das presas. O sistema reprodutivo possui um receptáculo seminal no oviduto e o duto espermático forma os cordões espermáticos ao invés de espermatóforos. A monogamia é conhecida para esses crustáceos, na qual o casal compartilha a mesma toca, porém algumas espécies possuem hábito solitário, se aproximando do companheiro apenas para o acasalamento. Uma desova de estomatópodos pode conter mais de 50.000 ovos, os quais são mantidos em uma massa globular unida por substância adesiva, liberada pela fêmea. Ao eclodir, a larva (zoea) é liberada no plâncton e pode permanecer na coluna d'água por até três meses.

### Diversidade

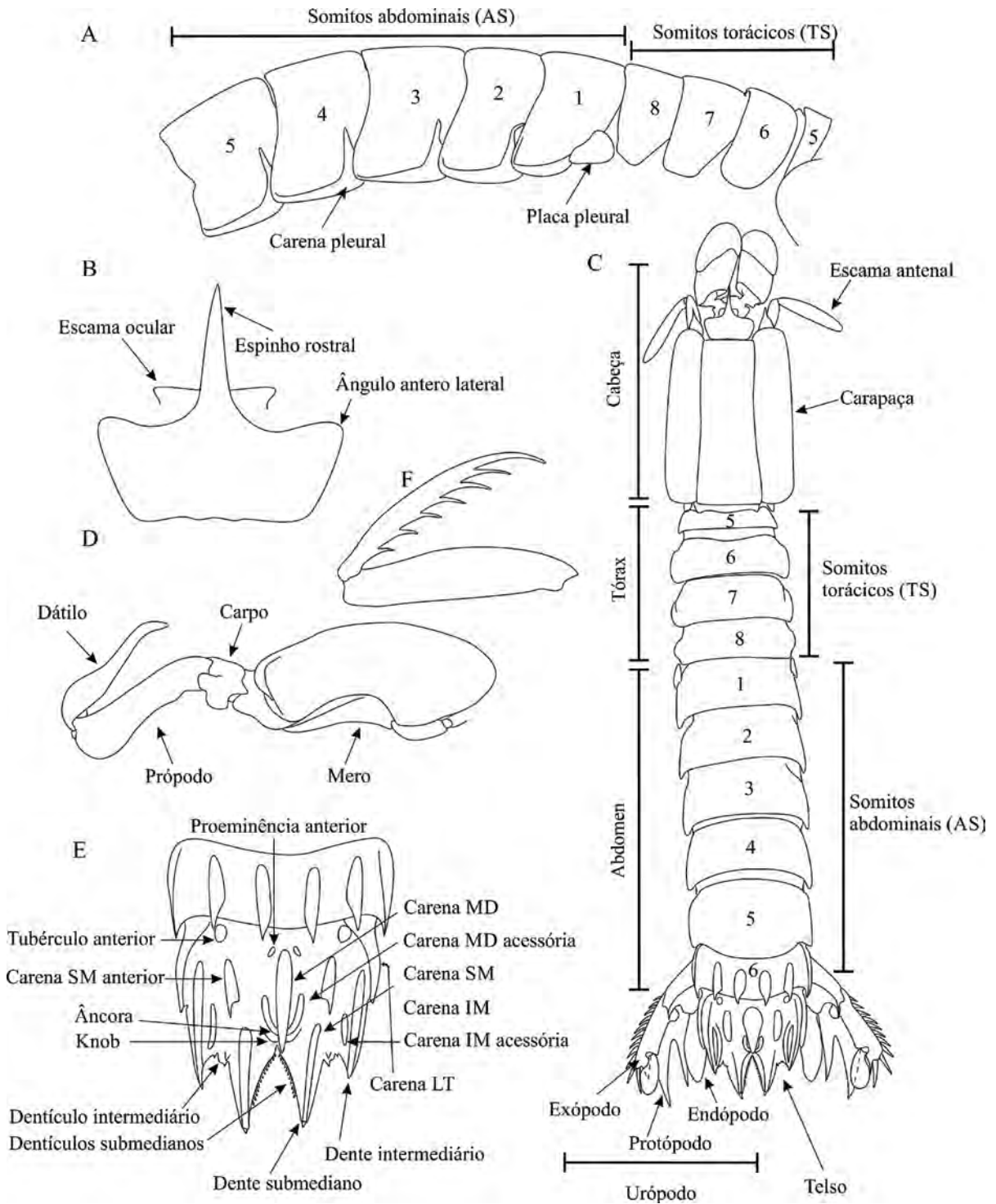
Possui na fauna recente (não fóssil), uma subordem única, Unipeltata Latreille, 1825, com 17 famílias viventes e aproximadamente 490 espécies. Das nove superfamílias descritas, sete são registradas no Brasil: Bathysquilloidea (família Bathysquillidae); Gonodactyloidea (Gonodactylidae e Odontodactylidae); Lysiosquilloidea (Lysiosquillidae e Nannosquillidae); Squilloidea (Squillidae); Eurysquilloidea (Eurysquillidae); Hemisquilloidea (Hemisquillidae); e Pseudosquilloidea (Pseudosquillidae). Destas, apenas Bathysquilloidea não tem registro para o Nordeste brasileiro.

### Aspectos ecológicos

Os Stomatopoda são conhecidos vulgarmente como tamarutacas ou tamburutacas, são em sua maioria marinhos, havendo raros representantes em águas salobras. Distribuem-se, principalmente, em regiões tropicais e subtropicais, desde a região

entre-marés até profundidades além de 1.500 m. Habitam diversos tipos de sedimento, podendo ser encontrados em locais de areia no infralitoral (**ex:** *Lysiosquilla scabricauda*, nas praias de Boa Viagem e Tamandaré) ou lama (**ex:** *Cloridopsis dubia*, nos manguezais do canal de Santa Cruz e Rio Formoso), solitários, em grupos ou em comensalismo com outros animais. Em ambientes recifais as espécies do gênero *Neogonodactylus* são dominantes (Fig. 6.1). Utilizam fendas e reentrâncias nas rochas ou recifes como abrigo, mas também são capazes de escavar tocas (geralmente em forma de U) no sedimento que podem chegar até 4 m. Esse hábito escavador confere aos estomatópodos importante contribuição para aeração de estratos mais profundos do substrato e ciclagem de matéria orgânica que fica retida no solo. Por possuir corpo flexível (articulação dos segmentos do corpo são móveis), esses animais conseguem se movimentar mesmo dentro da toca estreita, trocando de posição com extrema facilidade. Sua flexibilidade também é conhecida pelos pesquisadores e por mergulhadores, uma vez que sua captura pode gerar acidentes, já que o animal se retorce com facilidade conseguindo golpear (com as garras raptorais) quem o tenta capturar.

Suas garras raptorais dividem o estomatópodos em dois grupos funcionais: perfuradores (*spearers*) e esmagadores (*smasher*) (Fig. 6.3). Essas duas estruturas proporcionam a característica de predadores, alimentando-se desde animais de corpo mole como polvo e peixes (perfuradores), ou com carapaça rígida como outros crustáceos e bivalves (esmagadores). A captura da presa pode ser realizada através da espregueada (emboscada) ou da busca ativa, na qual o animal sai da sua toca para capturar o alimento. Devido a sua visão bem desenvolvida, são capazes de capturar presas em movimento ou mesmo encontrá-la em meio ao ambiente complexo, como os recifes de coral. Possuem coloração variada, desde verdes a multicoloridos, a depender do ambiente, como forma de camuflagem, alerta de perigo contra predadores, ou mesmo para corte.



**Figura 6.3** Estrutura morfológica da ordem Stomatopoda, família Gonodactylidae. **A)** Somitas abdominais e torácicos, vista lateral. **B)** Placa rostral e escama ocular, vista dorsal. **C)** Habitus, vista dorsal. **D)** Garra raptorial tipo esmagadora. **E)** Telson, vista dorsal. **F)** Garra raptorial tipo perfuradora. MD- mediana; SM- submediãna; IM- intermediária; LT- lateral. **Fonte** Albuquerque (2014).

Esses crustáceos apresentam ampla variação no tamanho, desde 2 cm (*Nannosquilla*) a 30 cm de comprimento (*Lysiosquilla*). São predadores bentônicos de topo e em alguns países são consumidos como alimento (famílias Squillidae, Lysioquillidae e Hemisquillidae). Além disso, podem ser utilizados como bioindicadores ambientais, sua presença indica qualidade ambiental.

## Ordem Decapoda Latreille, 1802

### Características gerais

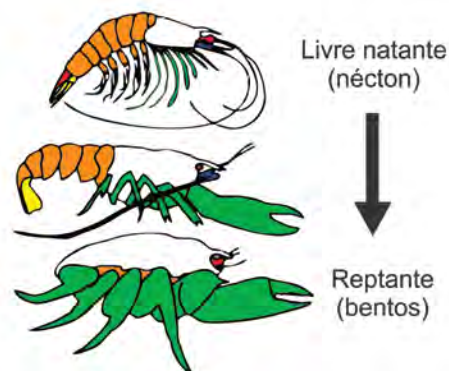
Os decápodos tem hábitos alimentares muito diversificados, mas a maioria é predadora e detritívora. O alimento é capturado com os quelípodos, e em seguida, passa pelos terceiros maxilípodos e as demais peças bucais. Do esôfago curto, o alimento segue para a câmara cardíaca (grande) e a câmara pilórica (pequena). Essas câmaras são revestidas por um exoesqueleto quitinoso. Na porção posterior da câmara cardíaca, há o moinho gástrico, com dentes que desintegram mecanicamente o alimento. Possuem hepatopâncreas, com função de glândula digestiva, secretando enzimas digestivas para as câmaras cardíaca e pilórica. O hepatopâncreas também atua na reserva de nutrientes, que podem ser transferidos para o amadurecimento das gônadas durante sua ontogenia. O material fecal é eliminado pelo intestino posterior em forma de pellets.

Para as trocas gasosas nas brânquias, uma estrutura chamada escafognatito produz a corrente ventilatória. O escafognatito também auxilia na limpeza das brânquias das espécies escavadoras. O sangue dos decápodos contém hemocianina dissolvida no plasma sanguíneo. O coração é uma estrutura em forma de caixa com três pares de óstios e uma série de artérias partem do coração, se ramificando e levando sangue para os tecidos. A circulação dos decápodos, como a dos demais crustáceos, é aberta. Parte da excreção dos decápodos se dá pelas glândulas verdes ou antenais, mas a maior parte das excretas nitrogenadas é eliminada pela superfície do corpo onde o exoesqueleto é mais fino, como nas brânquias.

Em relação à reprodução, os machos transferem seus espermatozoides para as fêmeas em pacotes chamados espermatóforos usando pleópodos adaptados. Estes podem ser armazenados em espermatecas, quando a fertilização é interna (**ex:** braquiúros), ou quando ela é externa (demais decápodos) os óvulos são fertilizados no momento da postura. A atração no período reprodutivo ocorre por meio de feromônios (espécies aquáticas) ou por sinais acústicos e visuais (espécies terrestres ou semiterrestres). Nos caranguejos xié, há um sofisticado comportamento de corte, com os machos exibindo seus quelípodos para atraírem as fêmeas.

Os estágios de eclosão variam de acordo com cada grupo. Nos camarões peneídeos e sergestídeos não há incubação pleopodial, do ovo eclode uma larva nauplius ou metanauplius. Nos demais decápodos marinhos, do ovo eclode uma larva protozoa ou zoea.

Em sua evolução, os braquiúros sofreram diversas mudanças morfológicas, incluindo a compactação e a especialização de certas estruturas: cefalotórax comprimido dorso-ventralmente e expandido lateralmente; abdômen reduzido e simétrico, dobrado abaixo do cefalotórax. A carcinização ocorreu de forma independente em outros grupos de Decápodos (Fig. 6.4), como nos Porcelanídeos, pertencentes à infraordem Anomura. Os porcelanídeos possuem uma morfologia corporal muito parecida com a dos caranguejos verdadeiros, com abdômen dobrado completamente sob o tórax.



**Figura 6.4** Processo de carcinização de crustáceos Decapoda. Adaptado University of Bristol (2004).

### Diversidade

A ordem Decapoda é um grupo altamente diverso e bem sucedido, com mais de 15.000 espécies descritas, dentre camarões, lagostas, lagostins, siris e caranguejos, sendo, sem dúvida, os mais bem conhecidos do grupo dos crustáceos. Em relação ao tamanho, os decápodos variam desde poucos milímetros até quase 4 metros de envergadura e 20 quilos na espécie *Macrocheira kaempferi*, o caranguejo-gigante-japonês. Muitos decápodos são economicamente importantes. Dezenas de espécies de caranguejos, lagostas e camarões são utilizados na culinária em diversas culturas. Segue abaixo a classificação desse grupo, segundo Martin e Davis (2001), que os divide em duas subordens de acordo com a morfologia de suas brânquias e incubação dos ovos. O número de espécies para cada taxa segue De Grave et al. (2009).

### Aspectos ecológicos

Destacam-se como representantes do macro e megabentos, em especial nos ecossistemas marinhos tropicais, como estuários, manguezais, recifes de coral, etc. Essa ordem inclui espécies marinhas, estuarinas, dulciaquícolas e terrestres. Os únicos decápodos pelágicos são os camarões, principalmente em zonas epipelágicas e mesopelágicas.

Nos crustáceos decápodos, houve vários momentos de invasão de habitats dulciaquícolas e terrestres, mas nenhum teve sucesso completo. Porém, pode-se dizer que o sucesso na colonização do ambiente de água doce tem sido consideravelmente maior que do ambiente terrestre. Enquanto os decápodos de água doce incluem lagostins, camarões e caranguejos, todos os decápodos terrestres são apenas caranguejos. Não é possível definir uma linha de separação entre crustáceos decápodos terrestres e semi-terrestres, nem entre semi-terrestres e aquáticos. O grau de terrestrialidade aparente demonstrado por qualquer espécie pode variar em função da sazonalidade, estágio reprodutivo, condição da muda, etc.

Dentre as espécies bentônicas que vivem nos manguezais, os crustáceos estão bem representados, sendo os invertebrados característicos da fauna dos ambientes estuarinos. São importantes não só por sua abundância, como por outras funções ecológicas que desempenham. Esses animais exercem papel fundamental na dinâmica do ecossistema manguezal, pois além da sua participação nos respectivos níveis tróficos das redes alimentares a que pertencem, eles reviraram o lodo para escavar tocas onde se abrigam e armazenam alimentos, trazendo à superfície matéria orgânica de camadas inferiores. Os decápodos também desempenham papel fundamental na ciclagem de alimentos, controlando a remineralização de detritos dentro da floresta e a exportação de material particulado da floresta para os habitats, através de seu hábito alimentar e da estratégia de cavar tocas. Dentre os decápodos estuarinos e de manguezal, os braquiúros são os que mais se destacam.

Já nos ambientes dulciaquícolas, se destacam os camarões carídeos com grande diversidade, sendo popularmente conhecidos como pitús ou camarões de água doce. Dentre seus representantes, está o gênero *Macrobrachium* com espécies de grande valor econômico, mas algumas como *Macrobrachium jelskii* não possuem grande importância econômica devido aos seus tamanhos. Porém, podem ser utilizados como iscas em pescarias com anzol e também para o consumo humano em pequena escala, além da importância ecológica.

Pelo fato dos decápodos serem importantes fontes de alimento em águas continentais e costeiras, estudos demonstram declínio populacional de algumas espécies, revelando a necessidade de monitoramento frequente dos estoques desses animais. Mais estudos sobre a biologia reprodutiva e populacional de espécies de importância econômica são necessários para subsidiar programas de manejo de estoques. Além da sobrepesca, também são ameaças à biodiversidade dos decápodos em muitas

regiões litorâneas brasileiras a poluição dos rios e estuários por esgoto doméstico, resíduos sólidos (como o plástico) e industriais, bem como agrotóxicos das plantações de cana-de-açúcar e a derrubada do mangue para a instalação de viveiros e barragens de carcinicultura ou para ocupação imobiliária. Inúmeras espécies tem sido coletadas com plástico em seus estômagos, o que pode levar a um quadro de desnutrição e redução da qualidade de vida desses animais. Em 2019, houve um grande derrame de óleo nas praias do Nordeste, o que agravou ainda mais os impactos ambientais nas populações de crustáceos e inúmeros outros grupos de animais.

Os crustáceos são muito bem-sucedidos em número de espécies extantes e de habitats conquistados. Vamos abordar os principais grupos desses animais, com base em sua morfologia corporal, priorizando os grupos com representantes marinhos e de maior importância ecológica e econômica.

### Camarões

Camarões são classificados em duas subordens: Dendrobranchiata e Pleocyemata. Enquanto os Dendrobranchiata incluem camarões com dendobrânquias e que não incubam os ovos, os Pleocyemata incluem camarões e outros crustáceos com filobrânquias ou tricobrânquias e que incubam os ovos.

Os Dendrobranchiata são representados pelas superfamílias Penaeoidea e Sergestoidea. Os machos apresentam órgãos copulatórios localizados no primeiro par de pleópodos, chamados de petasma, e as fêmeas apresentam abertura genital localizada ventralmente entre o quarto e quinto par de pereópodos, chamada de télico. Os Penaeoidea têm como principais características os três primeiros pares de pereópodos quelados e a pleura do segundo somito abdominal sobreposta ao somito seguinte, porém não ao anterior (Fig. 6.5). Os Penaeoidea são marinhos, e seus estágios larvais podem ser encontrados em águas salobras. Eles habitam e se reproduzem em águas que

recobrem a plataforma continental, porém sua larva mysis, quando vai se metamorfosear em pós-larva, adentra regiões estuarinas em busca de abrigo e recursos alimentares. Como representante peneídeo, podemos destacar a espécie de camarão cinza *Litopenaeus vannamei*, amplamente cultivada em tanques de carcinicultura e de grande valor econômico e apreciação na culinária. É originária do Pacífico Oriental e se encontra introduzida em várias localidades do mundo, em práticas de carcinicultura por vezes consideradas insustentáveis. Já os Sergestoidea possuem como principais características um rostro menor que o pedúnculo ocular e a perda ou redução dos pereópodos 4 e 5. São principalmente marinhos bentônicos. No Brasil, os Dendrobranchiata tem apenas uma espécie de água doce, o sergestóide *Acetes paraguayensis*.

Dentre os Pleocyemata, temos dois grupos de camarões, a infraordem Caridea, que inclui camarões com filobrânquias, a segunda pleura abdominal sobreposta à primeira e terceira pleuras, e o primeiro e/ou o segundo pares de pereópodos grandes e quelados (Fig. 6.5). E a infraordem Stenopodidea, que inclui os animais chamados popularmente de camarão-limpador ou camarão-palhaço, possui os três primeiros pares de pereópodos quelados, sendo o terceiro par maior que os demais. Stenopodidea é um grupo de camarões exclusivamente marinhos, diferente dos Caridea que possuem um grande número de representantes de água doce, como o *Macrobrachium carcinus*, sendo o maior camarão de água doce do Brasil e de grande importância econômica. Esse camarão é conhecido popularmente como pitú, uma palavra da língua tupi que significa 'casca escura', fazendo referência a uma característica de *M. carcinus*. Dentre os Caridea também podemos destacar a superfamília Alpheoidea, representada pelos camarões-estalo. Eles são assim nomeados por possuírem um dos quelípodos bem desenvolvido que é capaz de produzir uma onda de choque para atordoar suas presas. Segundo alguns estudos, o estalo desses animais pode ultrapassar 200 decibéis de altura, ultrapassando o volume de uma turbina de avião (130 decibéis).



### Corruptos ou camarões fantasma

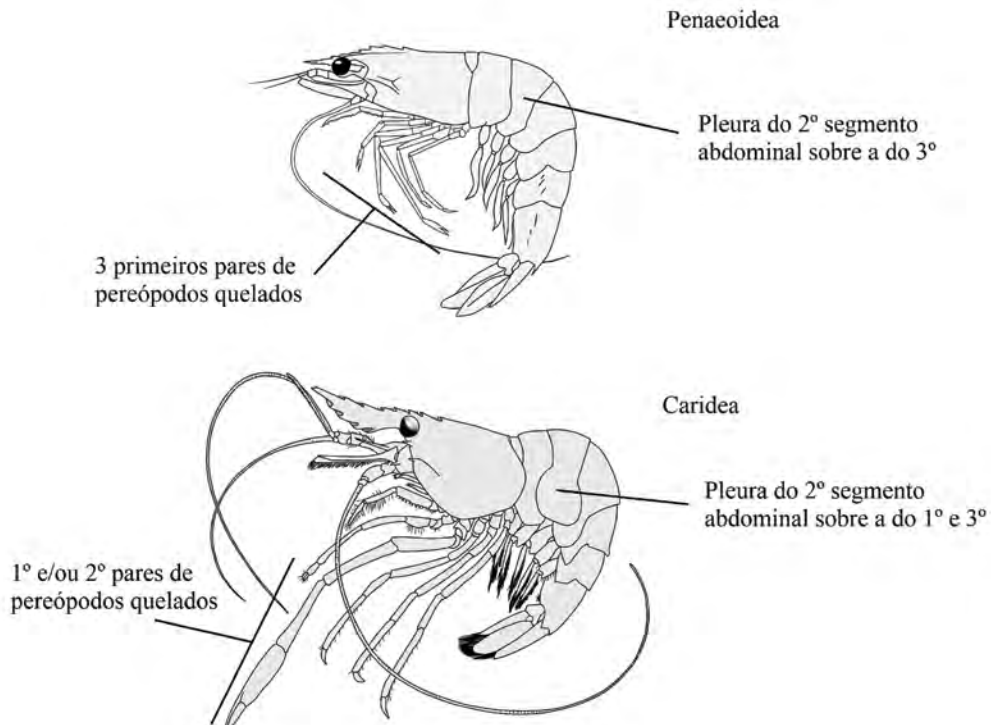
Os crustáceos da infraordem Thalassinidea (na classificação de Martin & Davis, 2001; atualmente aceitos como Gebiidea e Axiidea) destacam-se como escavadores de praias arenosas. Exibem um abdômen simétrico e achatado dorso-ventralmente, que em sua porção posterior é dotado de um leque caudal bem desenvolvido. Sua carapaça é ligeiramente comprimida lateralmente. Possuem brânquias do tipo tricobrânquias. Os primeiros dois pares de pereópodos são quelados, sendo geralmente o primeiro deles mais desenvolvido que o segundo.

Constroem tocas de grande profundidade onde passam a fase adulta enterrados, porém suas larvas são pelágicas. É fácil encontrar esses animais pela abertura de suas tocas, rodeadas por pelotas fecais. Dentre as espécies registradas no Brasil, a mais notável é a *Callichirus major*, de importância para a pesca como isca viva. Porém, sua extração para essa finalidade tem ameaçado às populações, o que

pode dificultar a reprodução e o recrutamento de juvenis. Podem ser considerados bioindicadores da presença de matéria orgânica em áreas litorâneas. Assim como outros organismos escavadores, os corruptos desempenham um papel importante na bioturbação do sedimento, processo que irá favorecer a oxigenação e mineralização do solo no interior das galerias, e assim beneficiar a meiofauna nas proximidades das tocas.

### Lagostas

Consideramos aqui a classificação de De Grave et al. (2009) que separa as lagostas em dois grandes grupos, de acordo com a presença ou ausência de quelas: infraordem Achelata (Fig. 6.6) e infraordem Polychelida (Fig. 6.7) (diferente da classificação de Martin & Davis 2001, que inclui todas elas na infraordem Palinura). As lagostas Achelata, pela sua importância econômica, constituem um dos grupos de Crustacea mais bem estudado. Possuem como principal característica a ausência de quelas



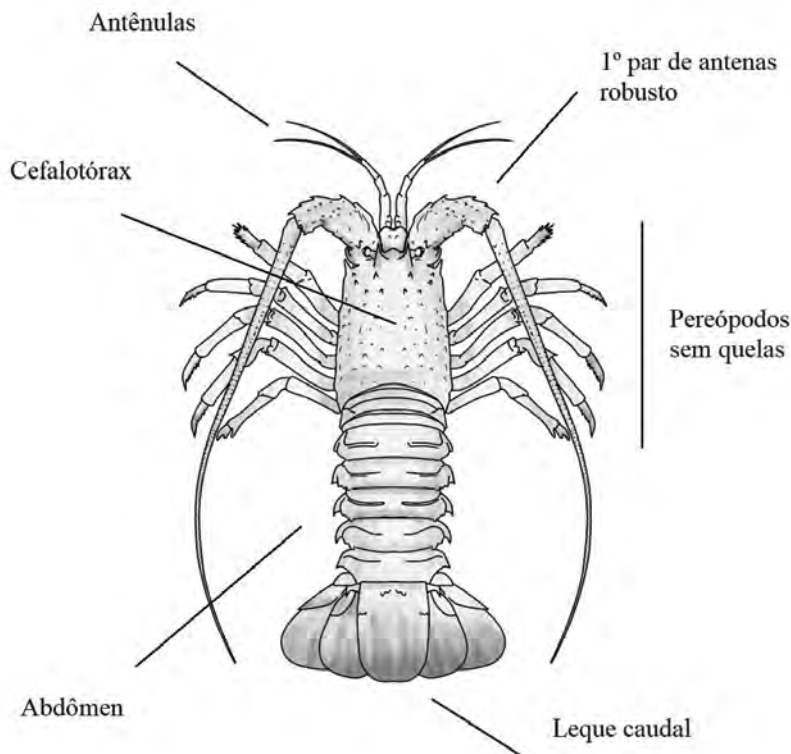
**Figura 6.5** Diferenciação dos camarões carídeos e peneídeos. **Adaptado** de FAO e Museum Victoria.

nos pereópodos (*Achelata* do grego *a* = prefixo de negação; *chelata* = quelas), contrastando com a maioria dos representantes dos decápodos. Em contrapartida, exibem um grande crescimento das primeiras antenas. Sua larva planctônica se chama *phyllosoma*. São encontrados exclusivamente no ambiente marinho, principalmente em regiões tropicais.

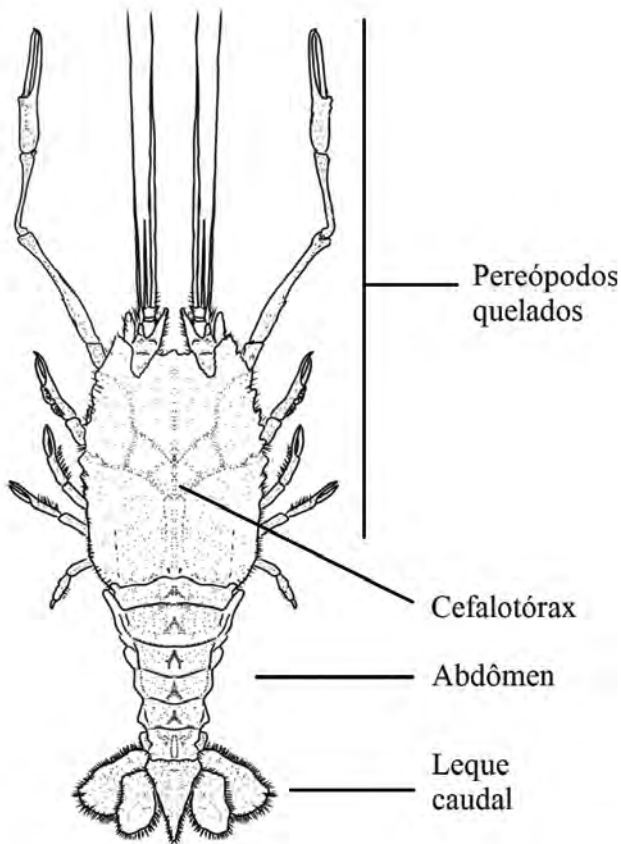
Apesar do registro de várias espécies de lagostas pertencentes às famílias *Palinuridae* e *Scyllaridae* no litoral brasileiro, os estudos se concentram, em sua grande maioria, nas duas espécies de valor comercial do gênero *Panulirus*. A pesca de lagosta no Brasil teve início no estado de Pernambuco no ano de 1950, e em seguida no estado do Ceará, em 1955. No litoral brasileiro, as espécies com importância econômica são as lagostas com maior representatividade econômica nas pescarias comerciais, *Panulirus meripurpuratus* – lagosta espinhosa ou vermelha e *Panulirus laevicauda* – lagosta verde. Já a lagosta

sapata, *Scyllarides brasiliensis*, apesar de presente em pescarias no Nordeste brasileiro, não tem muita importância econômica, tendo um menor rendimento de carne e valor econômico.

As lagostas cegas da infraordem *Polychelida*, família *Polychelidae* (a única não extinta do grupo), são caracterizadas pela presença de pedúnculos oculares fixos e rudimentares e quelas nos primeiros quatro ou cinco pereópodos. Apesar de alguns exemplares possuírem um bom tamanho, apresentam pouca carne; por isso, não despertam interesse econômico. E são bem desconhecidos tanto no Brasil como no resto do mundo, considerando que poucos artigos sobre esse táxon foram publicados, em comparação com as lagostas *Achelata*. A dificuldade em coletar essas lagostas cegas, que vivem em grandes profundidades, e a falta de interesse econômico das mesmas, podem ser listadas como fatores que têm impossibilitado a realização de maiores pesquisas com tais espécies.



**Figura 6.6** Estrutura morfológica da ordem Decapoda, infraordem *Achelata*. Adaptado de H. L. Todd (em Goode, 1884).



**Figura 6.7** Estrutura morfológica da ordem Decapoda, infraordem Polychelida. **Adaptado** de Artüz et al. (2014).

### **Ermitões, tatuís, caranguejos-reais e caranguejos-porcelana**

A infraordem Anomura inclui crustáceos com morfologia bem diversificada, englobando cinco superfamílias, a saber: Chirostyloidea (sastres ou bruxas, com morfologia mais semelhante à dos lagostins), Galatheaidea (caranguejos-porcelana e lagostas achatadas), Hippoidea (tatuís ou tatuíras), Lithodoidea (corpo carcinizado; caranguejos-reais ou centollas) e Paguroidea (ermitão, caranguejo eremita ou bernardo-eremita).

As superfamílias Chirostyloidea e Galatheaidea são muito encontradas em amostras de talude continental. A exploração pesqueira das espécies dessas superfamílias tem crescido devido ao seu grande potencial econômico para a culinária,

indústria farmacêutica (fonte de astaxantinas, carotenóides antioxidantes) e alimentícia (coquetel de camarão, fonte de lipídios e proteínas para rações animais, e de enzimas digestivas para fabricação de queijos). Apesar de pequenos, são abundantes, tornando sua exploração econômica viável.

Já os Paguroidea possuem abdômen mole e assimétrico, e por vezes vivem em conchas de caramujos marinhos para a proteção do abdômen. Ermitões podem viver associados a hidróides e anêmonas que colonizam a concha ocupada por esses crustáceos. Essa associação é benéfica tanto para o cnidário quanto para o crustáceo. O ermitão incentiva essa relação e, encontrando sua espécie favorita, massageia a anêmona até que ela se desprenda. O caranguejo eremita segura a anêmona contra sua própria casca até que a anêmona esteja firmemente presa. Enquanto o ermitão recebe proteção contra predadores pela anêmona, que é dotada de nematocistos urticantes, a anêmona recebe transporte gratuito e fragmentos de comida deixados pelo caranguejo eremita.

Os Hippoidea são tipicamente encontrados escavando o substrato de praias arenosas, sendo popularmente conhecidos como tatuís ou tatuíras. Um dos gêneros mais representativos é o *Emerita* que fica com seu corpo enterrado na areia das praias, mas com suas antenas para fora, capturando alimento por filtração. As tatuíras são comestíveis, e em muitas localidades são ingredientes em pratos como omelete, ensopado e risoto. Os Lithodoidea incluem animais com corpo carcinizado, ou seja, bastante semelhante aos caranguejos verdadeiros (braquiúros). Muitas espécies alcançam porte e peso consideráveis, sendo chamados de caranguejos-reais, e há uma grande pressão pesqueira nos seus estoques. Sua pesca em águas do Alasca é televisionada em seriados de TV por ser considerada o trabalho mais perigoso do mundo. Na América do sul, também há espécies de porte grande e de importância econômica, como a centolla chilena.

### Caranguejos verdadeiros e siris

Os caranguejos e siris (infraordem Brachyura) representam o pico dentro da evolução de Crustacea e, com aproximadamente 7.000 espécies, compõem a maior parte dos Decapoda. Os braquiúros possuem design consistindo de uma carapaça expandida (formada pela fusão da cabeça e alguns somitos torácicos) e de um abdômen fortemente reduzido que está dobrado abaixo do tórax. Em adição, os primeiros pereópodos dos braquiúros são completamente quelados, e as patas ambulatórias estão situadas nas laterais do corpo. Na fêmea dos Brachyura, todos os pleópodos encontram-se presentes e são utilizados na manutenção da massa ovígera sob o abdômen flexionado. Entretanto, nos machos os pleópodos foram perdidos, com exceção dos dois pares anteriores, transformados em gonópodos, que auxiliam na transferência dos espermatóforos durante a cópula.

Os caranguejos, juntamente com os moluscos, são os animais mais abundantes dos manguezais, tanto em termos de biomassa, quanto em diversidade de espécies. Com exceção dos estágios larvais, os braquiúros não são encontrados no pélagos e a maioria dos caranguejos é incapaz de nadar. Entretanto, os membros da família Portunidae, os siris, são exceção.

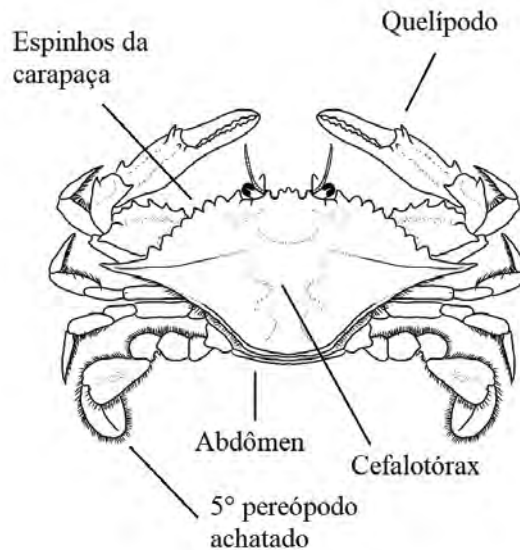
Caranguejos e siris sustentam um importante comércio pesqueiro em todo mundo. No Brasil, os siris, além de serem encontrados na fauna acompanhante de muitas pescarias, em especial de camarões, também são capturados por populações ribeirinhas, que fazem desses organismos seu meio de subsistência e/ou de alimentação.

Os hábitos dos caranguejos de manguezal variam desde espécies dependentes do local, espécies visitantes ocasionais e aquelas espécies que ocorrem esporadicamente. Estes crustáceos estão distribuídos principalmente em relação à textura do sedimento e à distância da linha da praia e a

maioria é detritívora, apresentando adaptações morfológicas e ecológicas para alimentar-se dos diversos tamanhos de grãos do sedimento. As populações de caranguejos são importantes em converter resíduos orgânicos em detritos, a principal fonte de energia para os heterótrofos das comunidades das águas adjacentes. Acredita-se que, através da pastagem da superfície do lodo, os caranguejos têm, também, importante efeito sobre a meiofauna do sedimento e atividade microbiana.

Várias famílias da infraordem Brachyura estão associadas à ambientes costeiros, como manguezal, estuário, apicum e recifes. Destacam-se: Portunidae, Gecarcinidae, Grapsidae, Sesarmidae e Ocypodidae. Destas, Ocypodidae e Grapsidae são as mais representativas nos ecossistemas estuarinos da costa brasileira. Comunidades de Brachyura foram bem estudadas em muitos estuários e manguezais do Nordeste brasileiro, a exemplo dos manguezais do Rio Ariquindá (com 25 espécies e 14 gêneros) e do Rio Mamucabas (com 21 espécies e 12 gêneros), ambos em Pernambuco.

Conhecidos popularmente como siris, os portunídeos são os nadadores mais poderosos e ágeis dentre todos os crustáceos. O último par de pereópodos é largo, achatado dorsoventralmente, que cria um impulso ao agitar-se em movimentos helicoidais. Também diferem dos caranguejos por possuírem carapaça ovalada achatada dorso-ventralmente, provida por espinhos (Fig. 6.8). Dentre seus representantes, destaca-se a espécie *Callinectes danae*, amplamente registrada em estuários do litoral nordestino e de grande importância econômica (Fig. 6.9A). A biologia populacional e reprodutiva desse siri foi bem estudada no Canal de Santa Cruz, Pernambuco, onde se observou a partição de habitats de acordo com o sexo e a idade. Os machos e os juvenis residem preferencialmente dentro do estuário, e as fêmeas adultas e ovígeras habitam a área de maior influência marinha.



**Figura 6.8** Estrutura morfológica da ordem Decapoda, família Portunidae. **Adaptado** de FAO.

Os Ocypodidae são caranguejos anfíbios que habitam águas litorâneas e estuarinas, principalmente pequenos e médios com distribuição ampla nas áreas tropicais e subtropicais. A maioria vive em zonas de entremarés em substratos moles, permanecendo enterrados enquanto a maré está alta, mas emergindo para forrageio sobre a superfície quando a água recua. Como grupos bastante representativos no Brasil, temos os gêneros *Ocypode*, *Ucides* e os chama-marés ou caranguejos violinistas dos gêneros *Uca*, *Leptuca* e *Minuca*. Os caranguejos violinistas têm distribuição em substratos lamosos do litoral dos trópicos, quase sempre associados a manguezais. São animais frequentemente simpátricos, sempre gregários, de hábito diurno e ativos durante a maré baixa. Dentre as espécies registradas no Nordeste brasileiro, a mais notável é a *Uca maracoani* (Fig. 6.9B).

O gênero *Ocypode* é mais terrestre, visto que todas as espécies ocorrem na parte superior da zona médiolitoral ou no supralitoral, e um número de espécies se aventura a alguma distância terra adentro. Ocorre em todas as áreas tropicais e subtropicais. A representante brasileira é *Ocypode quadrata*, muito observada em praias arenosas do Nordeste brasileiro.

O gênero *Ucides* é exclusivo das Américas, sendo representado no Brasil por *U. cordatus*, conhecido popularmente como caranguejo-uçá. O caranguejo-uçá é bastante apreciado na culinária, em especial nas regiões litorâneas do Nordeste brasileiro. É encontrado em tocas escavadas na lama do manguezal. Essa espécie teve sua biologia populacional e reprodutiva bem estudada no complexo estuarino lagunar Mundaú-Manguaba-AL, e nos estuários dos Rios Ariquindá e Mamucabas-PE. Ela escava tocas com números de aberturas e fundos-cegos variáveis. Esses estudos também demonstram como essa espécie é afetada pelo desmatamento do mangue, esgoto doméstico e industrial, deposição de resíduos sólidos, além da sobrepesca.

Os Grapsidae são um grupo ecologicamente diversificado, com espécies marinhas, de água salobra, estuarinas, dulcícolas, anfíbias e terrestres. O gênero *Grapsus*, ágil habitante de rochas, é o mais adaptado ao ambiente terrestre, pois gasta a maior parte de seu tempo fora d'água, embora próximo à esta, tendendo a entrar na mesma apenas quando pego pelas ondas ou quando ameaçado. Representado no Brasil por *Grapsus grapsus* (Fig. 6.9C). Já *Goniopsis cruentata* habita



**Figura 6.9** Espécies de braquiúros encontradas no litoral brasileiro. **A)** *Callinectes danae*. **B)** *Uca maracoani*. **C)** *Grapsus grapsus*. **D)** *Aratus pisonii*. **Fotos** Marina Araújo (A, C e D) e Jesser Fidelis (B).

manguezais, sobre as raízes ou troncos das árvores. Também ocorrem em praias lodosas, em braços de mar ou estuários. Popularmente chamado de aratu, é bastante apreciado na culinária nordestina.

A família Sesarmidae inclui caranguejos arborícolas. Os habitats de *Aratus* são predominantemente arborícolas, gastando a maior parte de seu tempo fora d'água em troncos, galhos e raízes-escora das árvores de manguezal. Este gênero é representado no Brasil por apenas uma espécie: *Aratus pisonii* (Fig. 6.9D).

Os caranguejos da família Gecarcinidae são melhor adaptados à vida terrestre, mas retornam para o mar para procriar. No Brasil ocorrem apenas duas espécies: *Gecarcinus lagostoma*, nas ilhas oceânicas, e *Cardisoma guanhumi*, conhecido popularmente como guaiamum, que ocorre na costa brasileira do Pará até Santa Catarina. O guaiamum é bastante apreciado na culinária, em especial nas regiões litorâneas do Nordeste brasileiro.

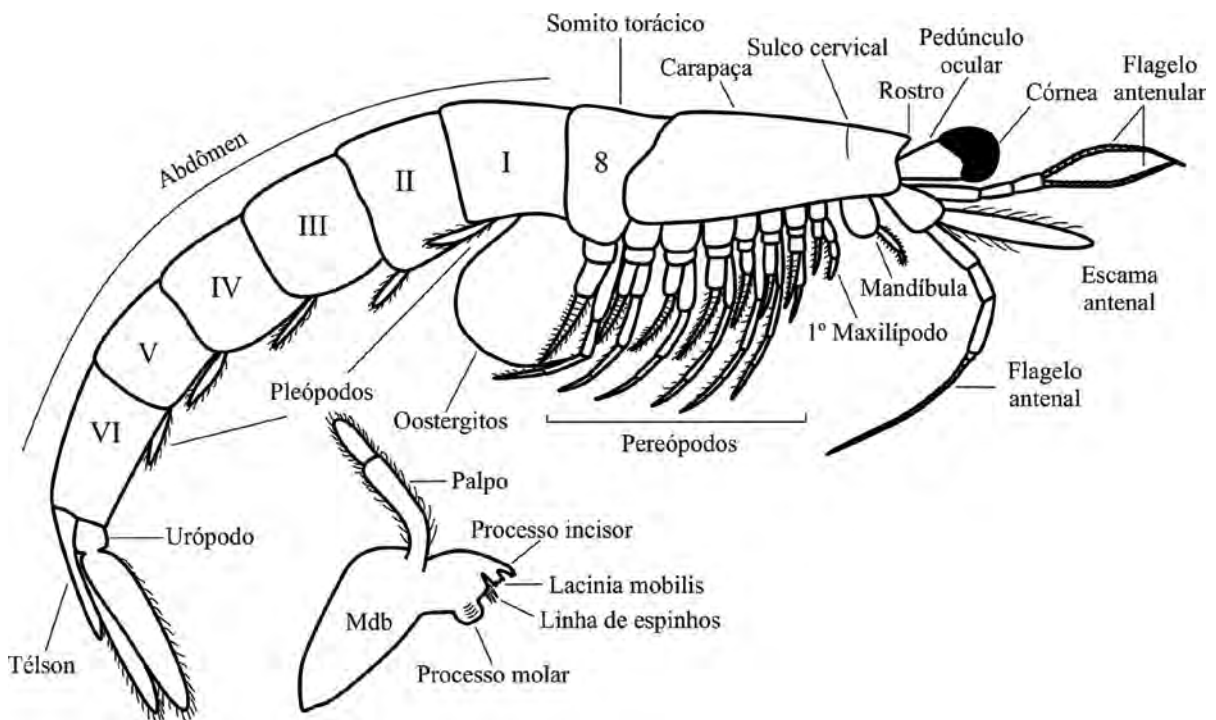
### Superordem Peracarida Calman, 1904

Os peracáridos são crustáceos em sua maioria marinhos com grande representatividade em todos os ecossistemas desde as regiões de água rasas (supralitoral) até grandes profundidades. São caracterizados, principalmente, por apresentarem uma bolsa ventral formada pelos oostegitos, onde os ovos são incubados até o final de seu desenvolvimento, não havendo, portanto, estágio larval nesse grupo. Segundo Martin e Davis (2001) e Lowry e Myers (2017) 10 ordens compõem os Peracarida, entre as quais Amphipoda, Isopoda, Tanaidacea e Cumacea estão entre os principais componentes do bentos marinho, seja em número de espécies ou dominância quantitativa. A ausência de estágios larvais limita a dispersão desses grupos por migração, porém algumas espécies de Amphipoda e Tanaidacea podem apresentar uma ampla distribuição, porque desenvolveram uma capacidade natatória ou se dispersam através de objetivos flutuantes (*rafting*), bem como em associação com fauna e flora de cascos de embarcações.

### Ordem Mysida Boas, 1883

#### Características gerais

Estudos recentes sobre a filogenia da antiga ordem 'Mysidacea' mostrou que este táxon na verdade consiste em várias ordens distintas, denominadas atualmente: Mysida, Lophogastrida e Stygiomysida (registrada apenas em habitats subterrâneos de água doce e salobra). Os misídeos são caracterizados morfológicamente por possuírem: carapaça bem desenvolvida cobrindo grande parte do tórax, mas nunca fundido com mais do que quatro segmentos torácicos anteriores; maxilípodos (1-2 pares) não associados com apêndices cefálicos; tórax com oito segmentos torácicos; 1 toracómero não fusionado à cabeça através de uma barra interna do esqueleto; abdômen com seis segmentos; sexto segmento abdominal portador dos urópodos e do télson, os quais formam o leque caudal (bem desenvolvido) semelhante aos camarões. Brânquias ausentes. Pereópodos birremes, exceto último par, podendo ser reduzido em algumas espécies. Pleópodos reduzidos, ou modificados nos machos (Fig. 6.10).



**Figura 6.10** Vista lateral da morfologia geral de Mysida e detalhe da mandíbula. **Adaptado** de Mclaughlin (1980).

Na maioria das espécies de misídeos os olhos são móveis, exibindo uma ampla variedade de formas e tamanhos. Em muitas espécies o pedúnculo ocular é bastante alongado e bem desenvolvido (em alguns casos podem ser reduzidos), ocorrendo principalmente em espécies de regiões pelágicas e de grandes profundidades. Brânquias ausentes. Presença de estatocisto em cada endópodo do urópodo. Adultos com glândulas antenais; o pedúnculo basal suporta normalmente dois flagelos, com o flagelo externo geralmente mais longo do que o interno. O dimorfismo sexual nos flagelos é comum, sendo maior e mais robusto nos machos.

### Diversidade

Atualmente a ordem Mysida consiste em aproximadamente 1.200 espécies descritas, 187 gêneros e três famílias. Um estudo realizado por Miyashita e Calliari (2014) sobre a revisão da distribuição zoogeográfica dos Mysida para o sudoeste do Atlântico (0° até 40° S) mostrou que essa área está representada por 31 espécies, distribuídas em 14 gêneros, 6 subfamílias e uma família. No mesmo estudo, foram catalogadas para o Nordeste do Brasil seis espécies: *Siriella melloi*, *Anchialina typica typica*; *Coifmanniella merjonesi*; *Amathimysis brasiliiana*; *Mysidopsis robustispina*; *Mysidopsis sankarankuttyi*. Os autores ainda citam que as espécies originalmente descritas a partir de espécimes coletados no Atlântico sudoeste somam 20, e que a maioria foi descrita entre 1968 e 1993. Curiosamente, após 1993, apenas uma nova espécie de Mysida foi descrita no Atlântico sudoeste, demonstrando o baixo esforço amostral e a escassez de especialistas para o grupo.

### Aspectos ecológicos

Embora aproximadamente 90% das espécies de misídeos sejam exclusivamente marinhas, os táxons restantes ocorrem em habitats costeiros com conexões marinhas diretas, como estuários, rios costeiros, cavernas marinhas ou águas continentais interiores. Em geral, são organismos amplamente epi- a hiperbentônicos, ou seja, vivendo ou pairando

próximos ao fundo do mar. Algumas espécies são de mediolitoral e se enterram no sedimento durante a maré baixa como forma de proteção contra a dessecação. A maioria das espécies holopelágicas pertencem a família Mysidae.

A grande maioria dos misídeos tem vida estritamente livre, no entanto, alguns vivem em associação com uma variedade de invertebrados. Geralmente, o comprimento varia de 2 mm à 8 cm. São nadadores ativos e a maioria nada pela ação dos exópodos torácicos.

São abundantes na fauna de ecossistemas costeiros (**ex:** estuários), onde podem servir como grandes produtores e consumidores, além de serem uma importante fonte de alimento para níveis tróficos mais elevados, como espécies macroinvertebrados pelágicos importantes economicamente (**ex:** caranguejos, peixes). A maioria é suspensívora onívora, se alimentando de algas, zooplâncton, e detritos suspensos na água.

Algumas espécies da família Mysidae são registradas com distribuição quase circuntropical (**ex:** *Anchialina typica*, *Siriella thompsonii*). Outras possuem registros em regiões polares, porém a sobreposição de espécies tanto no Ártico quanto Antártica é baixa, mas que provavelmente transcendem áreas de mar profundo. Mais do que o dobro das espécies descritas é do Hemisfério Norte (HN), sendo as áreas de maior conhecimento as águas do Caribe, Atlântico Norte, Mediterrâneo, Mar Negro e Japão, portanto, o desequilíbrio da diversidade pode ser devido a diferenças no esforço de amostragem. Estudos sobre a região da plataforma continental mostraram que o número e a diversidade de espécies são maiores nos trópicos e diminuem com o aumento da latitude.

Em relação a estudos sobre impacto, os misídeos são comumente usados em testes de toxicidade de laboratório. Estudos indicam que esses organismos são altamente sensíveis a substâncias tóxicas, e que essa sensibilidade ocorre em níveis que provavelmente existem no ambiente.



## Ordem Lophogastrida Boas, 1883

### Características gerais

A ordem Lophogastrida ou camarões gambás eram anteriormente agrupados sob a ordem “Mysidacea” junto com Stygyomysida e Mysida, entretanto, esses grupos são agora reconhecidos como ordens independentes. As características morfológicas gerais da ordem Lophogastrida são similares a Mysida, exceto pelos seguintes caracteres: maxilípodos (1 par) estão associados com apêndices cefálicos; toracoméro 1 fusionado a cabeça pela barra interna do esqueleto; pleópodos bem desenvolvidos; brânquias presentes; adultos com ambas antenas e glândulas maxilares; ausência de estatocistos; sete pares de pereópodos bem desenvolvidos e similares (exceto entre os membros da família Eucopiidae) (Fig. 6.11).

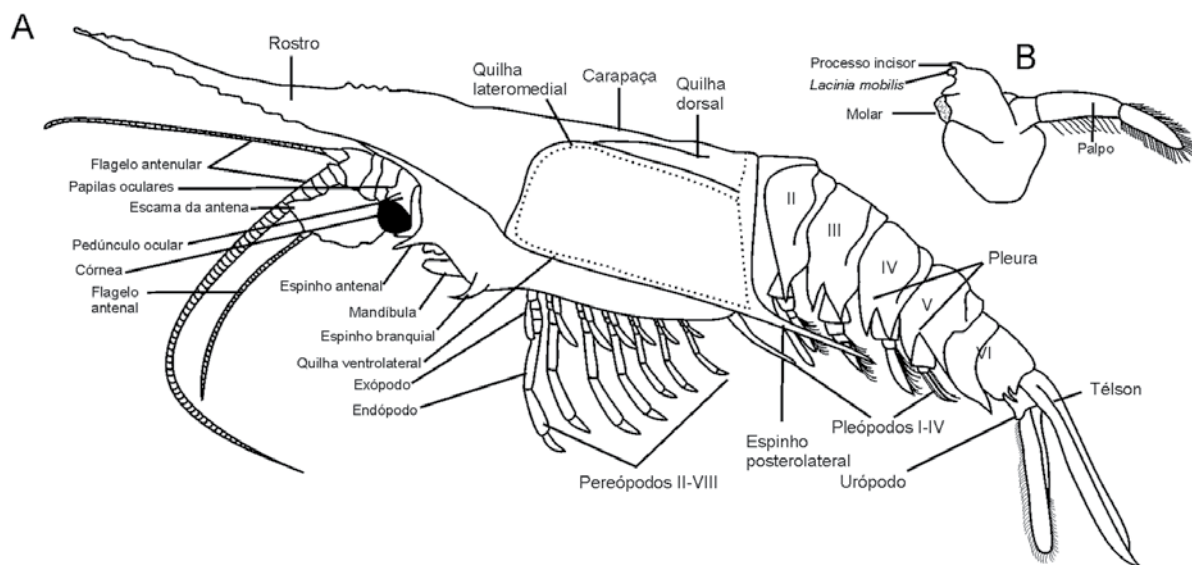
### Diversidade

A ordem Lophogastrida contém atualmente 3 famílias, 9 gêneros e 53 espécies. Em águas brasileiras, as espécies *Neognathophausia ingens* e *Gnathophausia zoea* foram registradas pela primeira vez no Brasil

por Serejo et al. (2007) da Bahia ao Rio de Janeiro durante o projeto REVIZEE (Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva), ambas encontradas entre 900 a 1.800 m de profundidade. Estudos recentes ampliaram a distribuição de *N. ingens* para o sul do Brasil, preenchendo a lacuna no conhecimento da área de distribuição de Lophogastrida no Atlântico ocidental.

### Aspectos ecológicos

Lofogastrídeos são exclusivamente marinhos, encontrados em regiões pelágicas e amplamente distribuídos, porém muitas vezes restritos a faixas estreitas de condições ambientais, particularmente definidas por temperatura, pH, oxigênio e pressão. São geralmente meso e batipelágicos e facilmente vistos em amostras de plâncton de águas profundas, embora algumas espécies sejam comuns em águas rasas. É bastante comum esses organismos realizarem migrações acima do bentos (migrações verticais: sejam diurnas ou noturnas, sazonais e/ou ontogenéticas), podendo chegar a grandes profundidades. Esse hábito acontece principalmente por duas razões: reprodução e busca de alimentos.



**Figura 6.11** Morfologia geral de Lophogastrida. **A)** Vista lateral e estruturas; **B)** Mandíbula. **Adaptado** de Mclaughlin (1980).

Os membros da ordem têm uma distribuição generalizada em todos os oceanos do mundo, exceto no Oceano Ártico e apenas com algumas espécies na Antártica. Em geral, o grupo possui maior diversidade nos oceanos Pacífico e Índico quando comparado ao Oceano Atlântico.

*Neognathophausia ingens* é o maior crustáceo inteiramente pelágico e tem uma distribuição circunglobal entre as latitudes de 30° N e 30° S. É distribuída por todos os oceanos do mundo em intervalos de profundidade de 125 a 3.991 m.

Um estudo sobre as adaptações de lofogastrídeos em regiões de mar profundo demonstrou que a espécie *N. ingens* vive aerobicamente em pressões parciais de oxigênio tão baixas quanto 6 torr (unidade de pressão) na camada de oxigênio mínimo. Para um crustáceo que vive em baixas temperaturas, a alta e incomum afinidade de hemocianina ao O<sub>2</sub> parece ser uma adaptação para o carregamento e transporte de oxigênio no frio. A sensibilidade à temperatura reduzida de afinidade de HCO<sub>2</sub> também pode ser uma adaptação ao baixo oxigênio. Essas habilidades são possíveis devido às brânquias e sistema circulatório serem altamente desenvolvidos.

O comprimento varia de 1 a 8 cm, com exceção da espécie *Neognathophausia ingens*, que pode chegar a 35 cm de comprimento. Outras espécies, particularmente em *Gnathophausia zoea* e indivíduos juvenis de *Neognathophausia gigas* (Fig. 6.11), podem apresentar coloração vermelho profundo a rosa, morfologia externa surpreendente, rostro serrilhado extremamente longo e vários outros prolongamentos espiniformes ao longo da região dorsal. Se alimentam principalmente de copépodos calanóides, ocasionalmente suplementando com peixes, pterópodes, eufausiáceos e chaetognatas. Podem se alimentar através de filtração de detritos provenientes do fundo oceânico, além de foraminíferos bentônicos. Seus principais predadores são decápodos e peixes, alguns comercialmente importantes nos mares ibéricos.

## Ordem Cumacea Krøyer, 1846

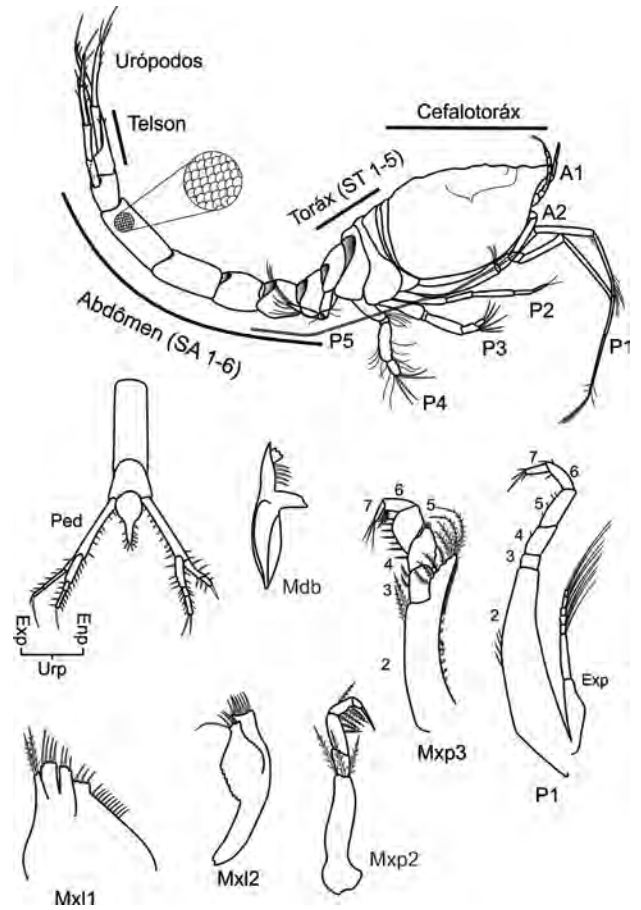
### Características gerais

Os crustáceos da ordem Cumacea, assim como os demais peracáridos, protegem suas crias no marsúpio produzido pelas fêmeas, onde os estágios larvais são desenvolvidos, e liberados apenas quando atingem o estágio de manca (quando o último par de pereópodos ainda não está desenvolvido, após a terceira muda). As principais características que diferenciam os cumáceos dos demais malacostrácicos são (Fig. 6.12): carapaça bulbosa bem desenvolvida (desproporcional ao corpo), recobrando a região cefálica e os segmentos torácicos (pereon) 3 e 4 (raramente 6); a fusão da cabeça com os três (raramente 6) seis segmentos torácicos forma o cefalotórax. Os cinco apêndices cefálicos são dispostos em antena 1, antêntula (ou antena 2), mandíbula (sem palpo), maxila 1 (ou maxílula) e maxila 2 (ou maxila). Presença de lobo pseudorostral de cada lado da carapaça, geralmente se projetando anteriormente para formar o pseudorostró; presença do sifão, para liberação de água da câmara branquial. Olhos fusionados, exceto em poucos gêneros onde permanecem separados. Em algumas famílias, como Leuconidae, o lobo ocular pode estar completamente ausente. Os três primeiros pares de pereópodos são modificados em maxilípodos (auxiliando na alimentação); do quarto ao oitavo são denominados pereópodos birremes, contendo exopodito cerdoso com função natatória (o número varia entre os grupos); os pereópodos 6-8 são mais robustos e utilizados na locomoção sobre o substrato. Abdômen (pléon) geralmente longo e esguio com seis segmentos, sendo o último portador de um par de urópodos em forma de estilete. Os urópodos cerdosos podem ser flexionados para auxiliar no processo de limpeza da carapaça. O télson pode ser articulado ou fusionado, sendo importante na distinção das famílias e espécies. O dimorfismo sexual é bastante definido dentro da ordem, na qual fêmeas claramente possuem marsúpio e ausência de pleópodos, enquanto os machos apresentam 2 antenas bem desenvolvidas e pleópodos presentes.

Sistema nervoso primitivo ventral e sem cefalização, com gânglios nervosos em cada segmento do corpo. Olhos sésseis compostos podem ser encontrados fusionados na região mediano-dorsal na base do rostro (ausente em algumas espécies de mar profundo). Troca gasosa é realizada pelas brânquias (epipoditos) no primeiro par de maxilípodos, e pela superfície corpórea. Próximo as brânquias, está localizado o coração curto e constituído por um par de óstios. O estômago triturador é semelhante ao dos decápodos, com número de cecos variando de um a quatro pares. As glândulas maxilares são os órgãos excretores nesses crustáceos.

### Diversidade

Atualmente são registradas nove famílias, 140 gêneros e aproximadamente 1.700 espécies. Até o momento, apenas 85 espécies (15 endêmicas), 28 gêneros e 5 famílias (Bodotriidae, Ceratocumatidae, Diastylidae, Lampropidae, Nannastacidae) de Cumacea foram descritas para o litoral brasileiro. Das famílias encontradas a mais abundante é Bodotriidae, principalmente em águas mais rasas (< 50 m). Já em profundidades mais elevadas (>100 m) é comum registrar espécies das famílias de Disatylidae e Lampropidae (Fig. 6.1). Entretanto, ainda são pouco estudados em todo o mundo, tornando seu conhecimento restrito, tanto no âmbito taxonômico quanto ecológico. No Brasil os trabalhos com o grupo são mais restritos a região Sudeste, devido ao maior número de expedições realizadas no local e a maior concentração de centros de pesquisa. Entretanto, com o maior acesso a expedições e crescimento de grupos científicos trabalhando com Crustacea na região Nordeste, esta realidade vem mudando. Na Universidade Federal de Pernambuco, por exemplo, existe uma relevante quantidade de exemplares na coleção carcinológica do Museu de Oceanografia Prof. Petrônio Alves Coelho (MOUFPE). As coleções atraem pesquisadores e auxiliam no desenvolvimento de estudos com o grupo.



**Figura 6.12** Morfologia geral da ordem Cumacea, da família Diastylidae, macho (MOUFPE16507). **A1)** antena 1; **A2)** antena 2; ST- somito torácico; SA- somito abdominal; P- pereópodo; Ped pedúnculo; Enp- endópodo; Exp- exópodo; Urp- urópodo; Mdb- mandíbula; Mxl- maxila; Mxp- maxilípodo.

### Aspectos ecológicos

A ordem Cumacea é composta por animais de tamanho diminuto, normalmente entre 1-10 mm de comprimento total (máximo 35 mm, *Diastylis goodsiri*). Reconhecidamente bentônicos, geralmente ficam enterrados nos primeiros centímetros do sedimento, porém são capazes de realizar migração nictimeral (noturna) na coluna d'água. Os machos têm maior capacidade de natação devido à presença dos pleópodos, porém não costumam percorrer longas distâncias. Essa migração é associada a reprodução, que ocorre após o encontro na coluna d'água. De volta ao sedimento,

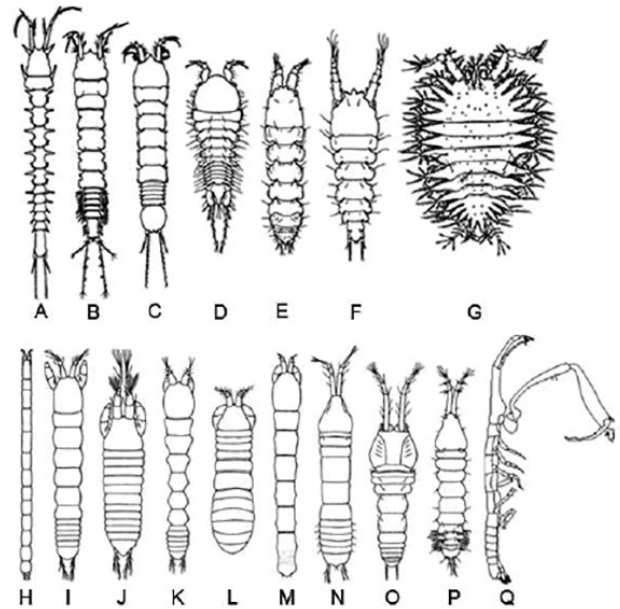
fêmea e macho permanecem conectados até que ocorra a muda da fêmea já madura, denominada muda de fertilização, e subsequente cópula. O número de ovos incubados no marsúpio varia de 10 a 250, dependendo da espécie. Os cumáceos, em sua maioria marinhos, habitam desde a região médio-litoral até a hadal (~7.000 m), entretanto, também são encontrados em ambiente estuarino e até dulcícola. Podem estar associados a algas, esponjas, corais e outros organismos epibênticos em águas rasas (principalmente os Nannastacidae). A escolha do ambiente que habitam está fortemente associada com o tamanho do grão do sedimento, porém temperatura, salinidade e hidrodinâmica também são fatores importantes. Estão distribuídos em todas as regiões, desde o equador até os polos, sendo reconhecidos como fonte alimentar de diversos peixes demersais marinhos e estuarinos. A dispersão desses organismos é limitada a sua capacidade natatória (ainda que restrita), já que não há dispersão larval no plâncton (larvas se desenvolvem dentro do marsúpio). Tem hábito alimentar predador (micropredador) de organismos epibentônicos, ou mesmo zooplancônicos. Porém, a maioria das espécies é detritívora (removendo matéria orgânica do sedimento com auxílio das maxilas e mandíbulas com função raspadora), ou carnívoras, com registro também de consumo de carcaça de baleia, porém nenhuma forma parasita foi identificada até o momento.

## Ordem Tanaidacea Dana, 1849

### Características gerais

Os tanaidáceos são um grupo de crustáceos exclusivamente bentônicos, pertencentes à superordem Peracarida. São relativamente pequenos, podendo variar de 1-75 mm, mas a maioria tem apenas alguns milímetros de comprimento. Com uma variedade morfológica indiscutível, os tanaidáceos podem ser achatados dorsoventralmente, cilíndricos, subcilíndricos e raramente discoidais (família Tanzanapseudidae) (Fig. 6.13). Algumas espécies desenvolvem

acentuadas variações ao longo dos seus estágios ontogenéticos (**ex:** famílias Leptocheliidae, Kalliapseudidae, Tanaidae). Possuem uma coloração amarelada, esverdeada ou amarronzada e são encontrados em todos os habitats marinhos, desde o litoral até o mar profundo.



**Figura 6.13** Exemplos de variações morfológicas de Tanaidacea. **A-G)** subordem Apseudomorpha. **H-Q)** subordem Tanaidomorpha. **A-P)** Adaptado de Larsen et al. (2015) e **Q)** de Araújo-Silva et al. (2015).

São caracterizados principalmente pela presença de verdadeiros quelípodos, a cabeça (ou cefalotórax) fundida com os dois primeiros toracómeros, seguida por seis pereonitos livres (pereon) e um pleon consistindo de zero (fusionado) a cinco pleonitos livres e um pleotélson, cada qual com seus respectivos apêndices, além de possuir um par de urópodos em forma de bastão. Os apêndices denominados quelípodos, encontram-se presos à região do cefalotórax; o par de apêndices seguintes locomotor, preso ao primeiro pereonito livre, corresponde ao “pereópodo 1”. Os demais pares de apêndices locomotores são então enumerados de 2 a 6. (Fig. 6.14).

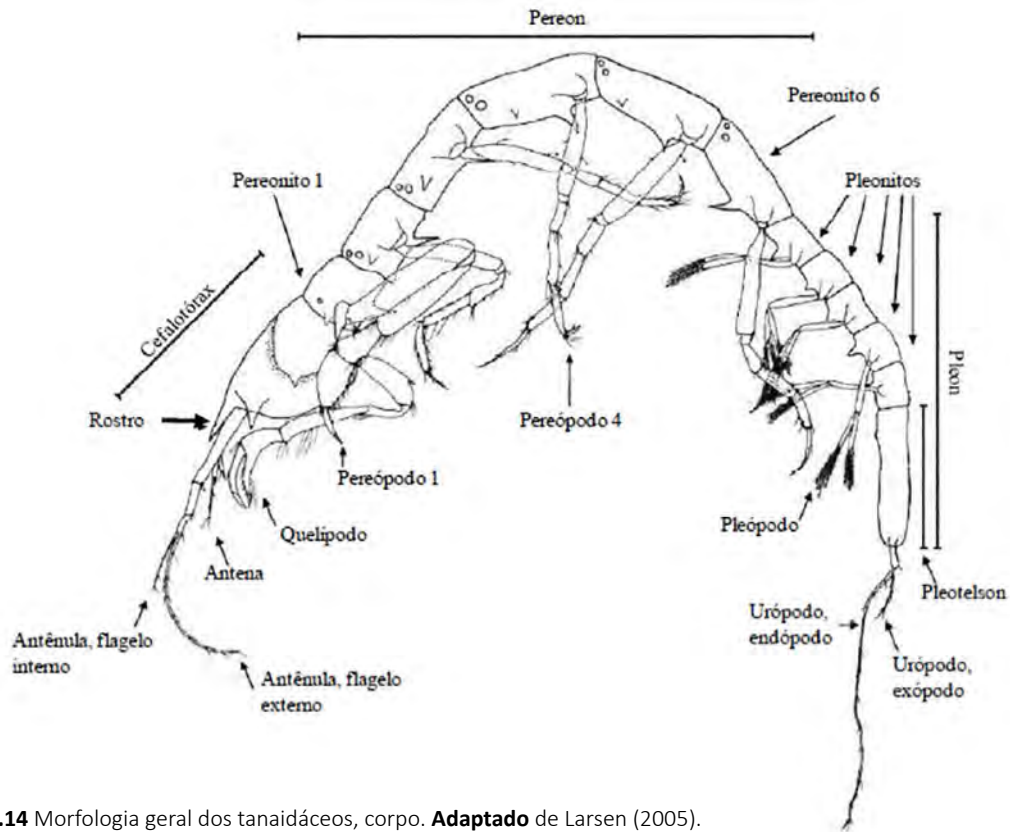


Figura 6.14 Morfologia geral dos tanaidáceos, corpo. Adaptado de Larsen (2005).

As peças bucais dos tanaidáceos são arranjadas da direção anterior-posterior (equivalente a rostral e caudal segundo Lang 1968): labro, par de mandíbulas (esquerda e direita), lábio, maxílula (ou maxila 1), maxila (maxila 2), maxilípodo com o epignato. As peças bucais dos machos da subordem Neotanaidomorpha e inúmeras espécies de Tanaidomorpha são reduzidas ou não funcionais. Geralmente retêm os maxilípodos restritos a um palpo curto (Fig. 6.15).

**Diversidade**

Até o presente, a ordem abrange 40 famílias, 316 gêneros e aproximadamente 1.500 espécies e em relação às águas brasileiras, cerca de 50 espécies foram descritas até o momento. Tanaidacea é atualmente classificada em três subordens: Anthracocaridomorpha (apenas registros fósseis), Apeudomorpha e Tanaidomorpha.

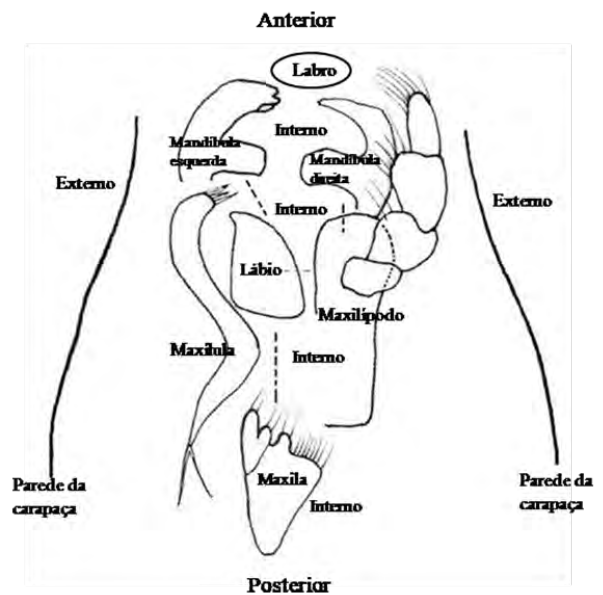


Figura 6.15 Orientação das peças bucais dos tanaidáceos. Adaptado de Larsen (2003).

Dos táxons registrados para o Brasil, 23 espécies ocorrem para o nordeste brasileiro: *Apseudes noronhensis*, *Apseudes aisoae*, *Bunakenia sudvestatlantica*, *Mesokalliapseudes viridis*, *Paradoxapseudes intermedius*, *Pagurotanais bouryi*, *Paraleiopus macrochelis*, *Parapagurapseudopsis carinatus*, *Parapseudes inermis*, *Parapseudes latifrons*, *Psammokalliapseudes granulosus*, *Saltipedis (Saltipedis) paulensis*, *Intermedichelia gracilis*, *I. jesseri*, *Neotanais tricarinatus*, *Chondrochelia dubia*, *Leptochelia forrestii*, *Makraleptochelia potiguara*, *Nototanoides trifurcatus*, *Paratanais coelhoi*, *P. oculatus*, *Sinelobus stanfordi*, *Zeuxo coralensis*.

Poucos estudos abordando a taxonomia e ecologia de Tanaidacea foram realizados para o NE do Brasil, sendo até o momento os trabalhos de Araújo-Silva (2010) e Genistretii (2013) os mais completos sobre o grupo. O primeiro trabalho objetivou a descrição de novas espécies e registros, além dos aspectos ecológicos de Tanaidacea coletados durante o Programa REVIZEE-NE. O Programa REVIZEE realizou coletas ao longo da Plataforma Continental e Bancos Oceânicos do nordeste do Brasil. O segundo teve como objetivo estudar a composição e distribuição espacial do banco de recifes de Abrolhos (Bahia, BR).

O estudo de Araújo-Silva (2010) demonstrou que a subordem Tanaidomorpha foi considerada a mais abundante, representando 73% de todos os exemplares coletados. Bird e Larsen (2009) citam que os Tanaidomorpha são de longe a maior subordem dentro da ordem Tanaidacea, com aproximadamente 75% de todas as espécies conhecidas. Parte dessa expressividade de Tanaidomorpha encontrada no trabalho foi devido a família Leptocheliidae, encontrada tanto na Plataforma Continental quanto nos Bancos Oceânicos da região Nordeste do Brasil e coletados em profundidades que variaram entre 19 e 71,6 m.

### Aspectos ecológicos

Os tanaidáceos são considerados um dos crustáceos mais abundantes em planícies abissais, plataforma continental e talude. São um importante componente da assembleia de invertebrados do médio e infralitoral, porém, estudos indicam que é no mar profundo que esses organismos compreendem um dos mais biodiversos e abundantes grupos da macrofauna (nível de ordem), com grande relevância ecológica, podendo ser comparados a fauna dos poliquetos e isópodos. São essencialmente marinhos, porém, há registros desses seres também em águas salobras e água doce, onde algumas populações podem chegar a densidades de 10.000 a 140.000 ind./m<sup>2</sup>.

Vivem em quase todos os habitats marinhos, desde substratos consolidados (epifauna) como recifes de arenito ou corais (Fig. 6.1). Muitos necessitam viver associados a outros organismos, como esponjas, ou em colônias de briozoários, dentro de gastrópodos (**ex:** *Schwartziella catesbyana*) (família Pagurapseudidae) e bivalves, seja para sua alimentação, como meio de transporte, forma de defesa, proteção, entre outros. Em substratos inconsolidados são registrados em habitats de todos os tamanhos de sedimentos. São encontrados formando tubos (infauna) em zonas estuarinas úmidas, grutas/cavernas marinhas em manguezais, em prados de algas (*Cymodocea serrulata* e *Halophila ovalis*), esponjas. Algumas espécies são encontradas em organismos incrustantes (cirrípedes), outras vivem em ambientes anóxicos naturais, como fontes hidrotermais “cold seeps”, águas subterrâneas e lamas vulcânicas e associados a madeira submersa. A espécie *Sinelobus stanfordi* tem sido relatada como um dos membros mais tolerantes da ordem, sendo encontrada em grande abundância tanto em ambiente marinho, em recifes de corais de praias do Nordeste (**ex:** Serrambi, Suape) como em águas salobras. É considerada tubícola e diversos indivíduos foram coletados nos estuários do Nordeste do Brasil habitando algas, esponjas e cirrípedes, (**ex:** Canal de Santa Cruz) o que os tornam suscetíveis ao transporte

de correntes marinhas, águas de lastro, cascos de navios, entre outros.

Os tanaidáceos são geralmente detritívoros ou suspensívoros, porém estudos sobre o conteúdo estomacal desses organismos indicam que também podem ser necrófagos. Alimentam-se de bactérias (*Allotanaïs hirsutus*), microalgas, principalmente diatomáceas, embora algumas espécies sejam consideradas raptorais carnívoras que se alimentam de nematóides, larvas de equinóide, poliquetos, e copepódos harpacticóides, além de outros pequenos invertebrados. Observações *in vitro* também relatam que alguns tanaidáceos são herbívoros. Presas maiores também são consumidas, porém, este modo de alimentação é restrito a algumas espécies maiores (**ex:** *Gigantapseudes maximus*, *G. adactylus*). Algumas espécies da subordem Apseudomorpha podem ser consideradas filtradoras. Em regiões de grande profundidade, supõe-se que consomem grandes quantidades de foraminíferos.

Apesar dos tanaidáceos não desempenharem uma função econômica direta para os seres humanos, são extremamente importantes na dieta alimentar de inúmeras espécies comercialmente importantes. Por exemplo, a espécie de Tanaidacea *Monokalliapseudes schubarti* é frequentemente consumida por peixes estuarinos como *Micropogonias furnieri* e *Odontesthes bonariensis*. Também é consumida por crustáceos estuarinos, como *Penaeus paulensis* e *Callinectes sapidus*. Além disso, em algumas comunidades de invertebrados bentônicos, os tanaidáceos possuem uma significativa influência na estrutura trófica do macrozoobentos, consumindo as larvas e juvenis de outras espécies infaunais. Também outros organismos foram reportados como seus principais predadores em águas rasas como: poliquetos, isópodos e anfípodos, além de decápodos, em particular camarões peneídeos.

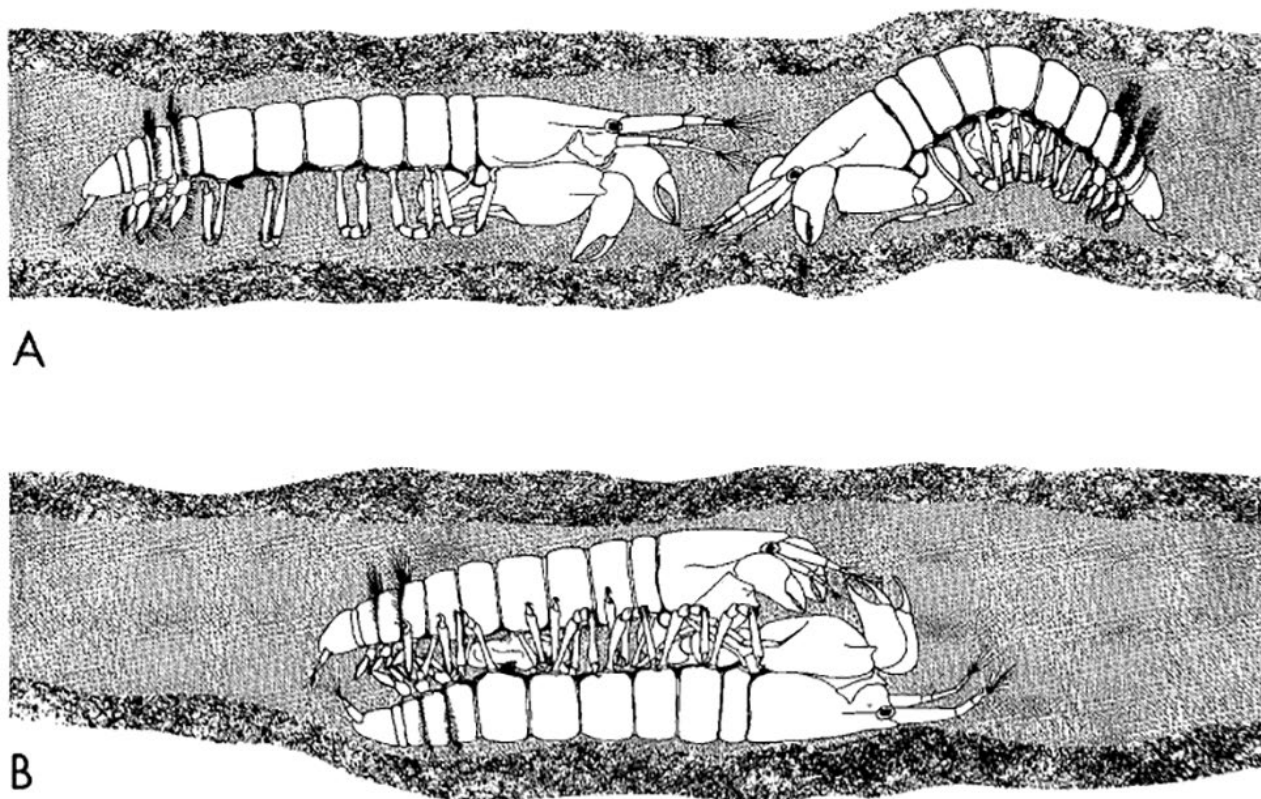
Muito pouco ainda se sabe sobre a reprodução Tanaidacea. Os únicos estudos mais extensos sobre

a reprodução foram descritos para as espécies *Heterotanaïs oerstedii* e *Tanaïs dulongii*. Estes estudos descrevem que o macho penetra no tubo da fêmea e inicia a corte (que pode durar até 11 horas). A cópula, que só é possível imediatamente após a muda da fêmea, ocorre em uma posição ventral para ventral e não dura mais do que alguns segundos (Fig. 6.16). Todos os tanaidáceos copulam e os ovos são fertilizados dentro do marsúpio, onde se desenvolvem em larvas de manca I. Algumas exceções a essa regra podem ser encontradas em algumas espécies de águas profundas que não têm marsúpio, mas criam seus ovos dentro do tubo ou em um casulo.

Os tanaidáceos apresentam diferentes estratégias reprodutivas, além de variações ontogenéticas, o que por muitas vezes tem causado problemas em sua identificação. Essas estratégias reprodutivas podem envolver sexos separados (macho e fêmea) ou hermafroditismo, algumas são até sugeridas como partenogênicas. A questão do hermafroditismo é ainda dividida em dois tipos: simultâneo (quando os indivíduos são encontrados com um cone penal e oostegitos, **ex:** *Apseudes noronhensis*), ou sequencial (quando os indivíduos mudam de sexo de feminino para masculino, denominado protogínico). O resultado do hermafroditismo sequencial protogínico é o polimorfismo sexual masculino, causando, desta forma, vários morfotipos diferentes da espécie, dificultando assim, sua identificação.

São distribuídos em todas as latitudes, desde regiões polares, temperadas e equatoriais. A ampla distribuição de várias espécies ainda está em discussão, visto que os tanaidáceos são conhecidos por terem capacidade de dispersão limitada por não possuírem um estágio de dispersão pelágica.

Espécies de tanaidáceos têm sido avaliados como bons indicadores de qualidade ambiental. *Monokalliapseudes schubarti*, por exemplo, exibiu respostas subletais (incapacidade de construir tubos e diminuição da capacidade de



**Figura 6.16** Corte e cópula de *Tanais dulongii*. **A)** macho maduro (copulatório) entrando no tubo da fêmea que está em posição típica (curvada) de bloqueio do tubo. **B)** Posição durante a transferência de esperma através do cone genital do macho para a fenda genital da fêmea. **Fonte** Johnson e Attramadal (1982).

movimento) após sua exposição a sedimentos contendo produtos de petróleo. A espécie *Sinelobus stanfordi* é altamente sensível à mudanças drásticas no ambiente. Trabalhos recentes demonstraram que a abundância desta espécie foi significativamente menor em locais com altos níveis de nutrientes e baixa demanda de oxigênio, exibindo uma correlação negativa com as concentrações de fósforo reativo solúvel e uma correlação positiva com os níveis de oxigênio.

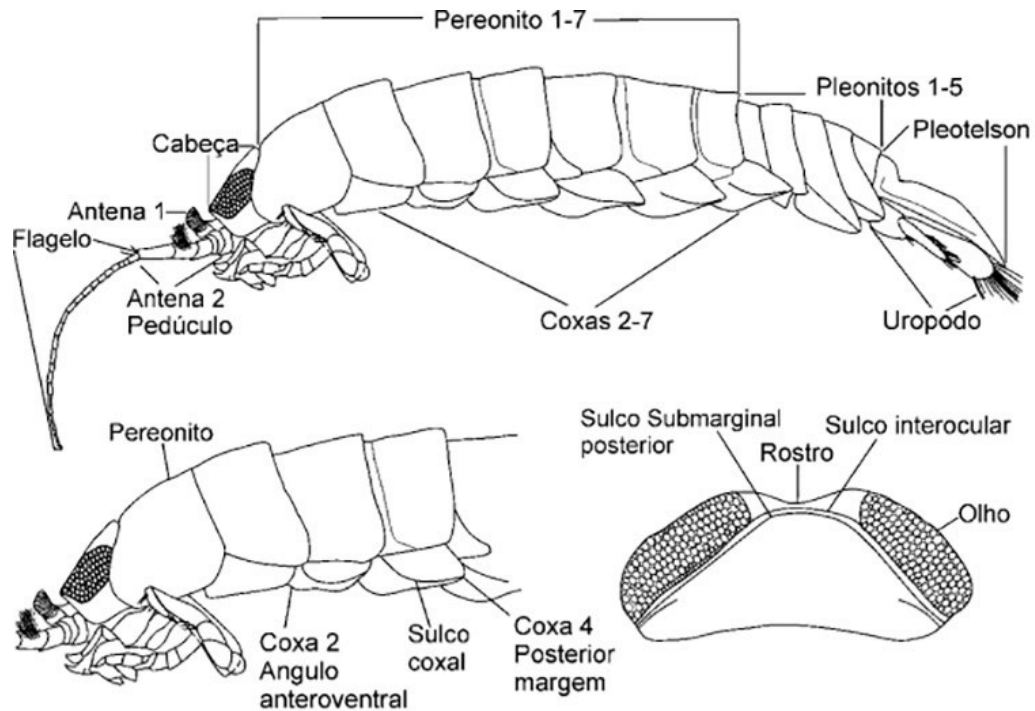
### Ordem Isopoda Latreille, 1817

#### Características gerais

Os crustáceos da ordem Isopoda variam de 1 mm, nas formas da meiofauna (**ex:** Anthuridae), até

500 mm (Cirolanidae do gênero *Bathynomus*). Porém, a grande maioria das espécies marinhas apresenta entre 3 a 20 mm de comprimento. A morfologia básica do grupo inclui, ausência de carapaça recobrindo o tórax, corpo subdividido em cabeça, tórax (pereon) e abdômen (pleon), corpo achatado dorsoventralmente, alguns grupos apresentam corpo semi-cilíndrico (Anthuridea) ou achatado lateralmente (Phreatoicidea), antena 1 unirremes, primeiro segmento torácico fusionado com a cabeça torácico, onde seu apêndice correspondente foi modificado para formar um par de maxilípodo, sete segmentos torácicos livres (pereonitos); cinco segmentos abdominais (pleonitos) e télson fusionado com o último segmento abdominal formando o pleotélson portando um par de urópodos (Fig. 6.17).





**Figura 6.17** Esquema básico de um isópodo Cirolanidae. **Adaptado** de Paiva (2016).

### Diversidade

A ordem Isopoda é a maior entre os Peracarida, com cerca de 10.500 espécies descritas distribuídas em 11 subordens: Asellota, Calabozoidea, Cymothoidea, Limnoriidea, Microcerberidea, Phoratopidea, Phreatoicoidea, Oniscidea, Sphaeromatidea, Tainisopidea e Valvifera. A subordem Oniscidae constitui o grupo mais diverso da ordem e representam os crustáceos mais bem-sucedidos na invasão do ambiente terrestre. No ambiente marinho são conhecidas aproximadamente 6.100 espécies, sendo menos diverso que os Amphipoda. Neste ambiente a subordem Cymothoidea é a mais especiosa (+2.700 spp), especialmente nas regiões mais rasas. Por outro lado, a subordem Asellota é dominante no ambiente de mar profundo, onde apresenta uma grande diversidade de formas corpóreas muito distintas daquelas de águas rasas.

Outros grupos como Cymothoidea, Sphaeromatidea e Valvifera são dominantes em ambientes litorâneos e de plataforma continental. Uma característica típica do grupo é o padrão de coloração, representando os hábitos crípticos que garantem mimetismos com o substrato onde vivem.

### Aspectos ecológicos

Os isópodos apresentam diversos modos de alimentação, tais como: suspensivoria, detritivoria, carnívoria e saprofagia, por exemplo, fazendo com que o grupo esteja presente em diferentes níveis tróficos na teia alimentar marinha. Em ambientes de praias arenosas, espécies da família Cirolanidae estão entre as mais abundantes, podendo apresentar densidades de mais de 200 ind.m<sup>-2</sup>.

O hábito de se alimentar das carcaças de animais mortos desse grupo tende a ser um importante regulador do fluxo da matéria orgânica. Muitas espécies são endo ou ectoparasitas de peixes de importância comercial, camarões e “lagostas” (**ex:** Bopyridae e outros Cymothoidea). Nesses grupos os parasitas tendem a se fixar onde o fluxo de alimento é mais acessível e onde há maior segurança para o parasita, **ex:** brânquia (crustáceos), de forma que a cada muda do hospedeiro a carapaça se molda ao formato do isópodo se tornando deformada; algumas espécies do gênero *Cymothoa* se alimentam da língua do peixe hospedeiro, enquanto que o macho se fixa as guelras; região dorsal do cefalotórax de camarões de profundidades (**ex:** *Holophryxus acanthephyrae* que parasita espécies de carídeos do gênero *Acanthephyra*). Outras espécies, como as do gênero *Excorallana*, podem representar perigo para produção de peixes em tanques de aquicultura, sendo considerada uma praga com altas taxas de infestação.

A expectativa de vida pode variar de poucos meses até alguns anos, onde fatores locais como temperatura, granulometria e competição são importantes fatores na dinâmica populacional de muitas espécies. Estudos desenvolvidos em praias arenosas do Brasil, onde ocorre a coexistência de *Excirrolana armata* e *E. braziliensis*, demonstraram que segregação espacial, flutuações anuais no comprimento dos indivíduos dessas espécies, tamanho da maturidade sexual e recrutamento de juvenis são influenciados pela pressão do competidor superior (no caso *E. armata*). Isso ocorre, pois, o aumento da pressão exercida por *E. armata* sobre *E. braziliensis*, causa a diminuição nos recursos disponíveis, e conseqüentemente menor é o investimento das fêmeas em reprodução.

## Ordem Amphipoda Latreille, 1816

### Características gerais

Os crustáceos da ordem Amphipoda são morfológicamente muito diversos, variando de poucos milímetros até aproximadamente 35 cm

de comprimento (*Alicella gigantea*). Podem apresentar modificações no plano básico corporal em função de adaptações ao meio onde vivem, mas de uma forma geral são diferenciados dos demais Peracarida pelas seguintes características morfológicas: ausência de carapaça recobrando o tórax, corpo achatado lateralmente, no entanto alguns grupos apresentam corpo cilíndrico ou achatado dorsoventralmente, primeiro segmento torácico fusionado com a cabeça, onde seu apêndice correspondente foi modificado para formar um par de maxilípodo, sete segmentos torácicos livres (pereonitos), os quais constituem o pereon, exceto nos Caprelloidea, que são seis, dos primeiros pereópodos modificados (gnatópodos), geralmente em, formato de subquela, mas podendo ser simples ou quelado, coxas muito desenvolvida e em forma de uma placa lateral, seis segmentos abdominais, subdivididos em duas partes, pleon com três pleonitos e urossomo com três urosomitos e télson não fusionado com o último segmento abdominal (Fig. 6.18).

### Diversidade

Os Amphipoda constituem uma das ordens mais diversas de Malacostraca, com cerca de 10.300 espécies descritas distribuídas em 223 famílias e aproximadamente 1.625 gêneros. Mais de 80% das espécies atualmente conhecidas são marinhas, vivendo em todos os habitats e ecossistemas, desde a região de supralitoral (Talitrida) até profundidades de mais de 11 mil metros (**ex:** *Eurythenes plasticus*). O grupo sofreu mudanças drásticas em sua classificação nos últimos anos, sendo reconhecidas atualmente seis subordens (Tab. 6.1), dentre estas as subordens Amphilochidea e Senticaudata são as mais diversas, perfazendo mais de 90% das espécies conhecidas. A subordem Ingolfiellidea foi elevada ao status de ordem e as subordens anteriormente denominadas de Caprellidea, Gammaridea e Corophiidea, atualmente são parte da subordem Senticaudata.

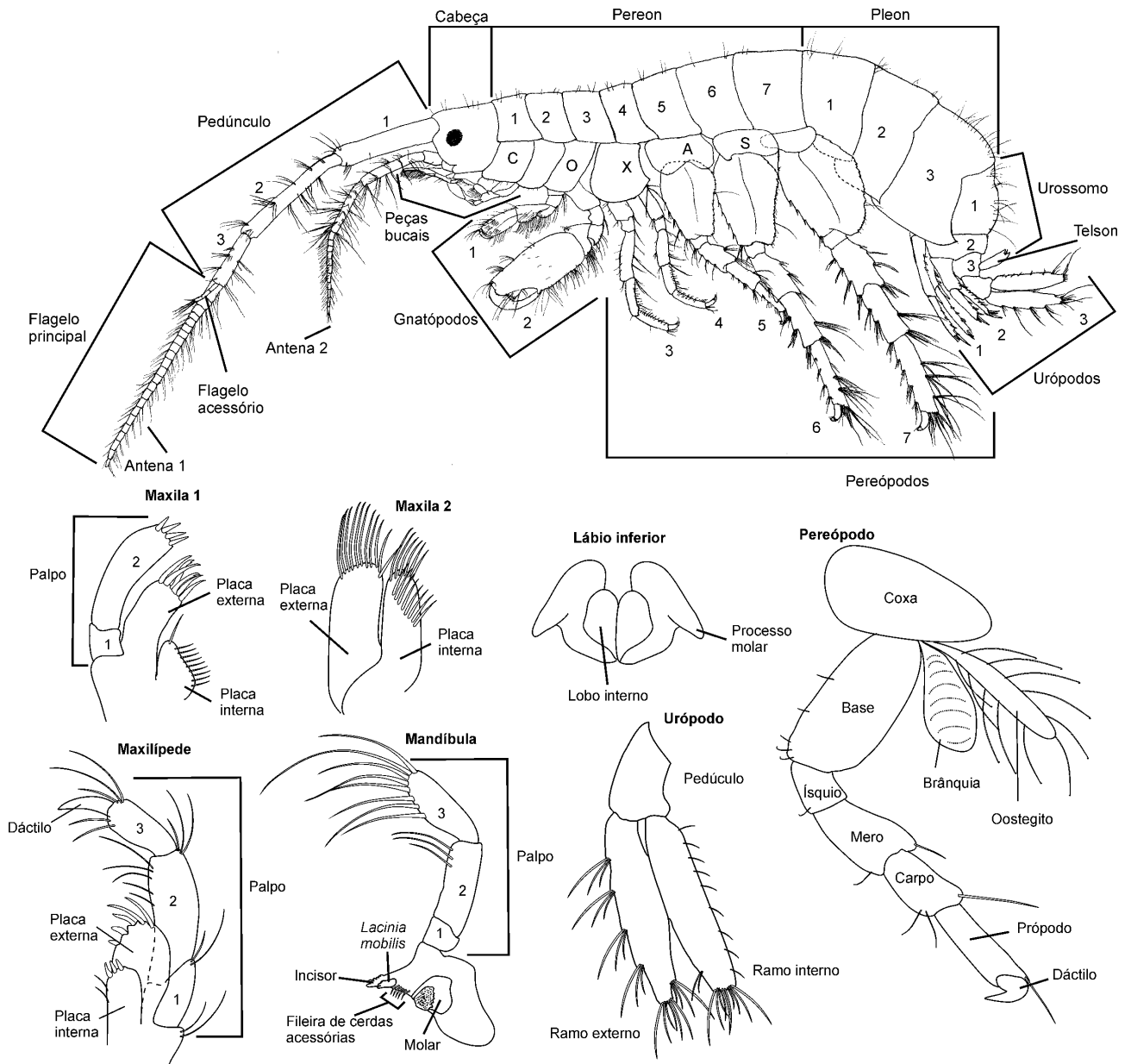


Figura 6.18 Plano básico de um Amphipoda Senticaudata. Corte transversal através de um segmento do corpo.

### Aspectos ecológicos

A diversidade de espécies de Amphipoda reflete o sucesso evolutivo da ordem. Entre os invertebrados, eles representam um dos grupos dominantes em riqueza e densidade no macrobentos marinho. Nesse compartimento do fundo oceânico, eles exploram os diversos substratos, incluindo os biogênicos, tais como: cascalho carbonáticos,

macroalgas, esponjas, corais e outros invertebrados (Fig. 6.1). Nos substratos inconsolidados, diversas famílias andam ou nadam sobre a sua superfície, outras são típicas da infauna, camada subsuperficial (0-2 cm), escavando (**ex:** Oedicerotidae, Phoxocephalidae e Platyschnopidae), vivendo nos espaços entre os grãos (**ex:** Hadziidae e

Liljeborgiidae), ou dentro de tubos construídos com auxílio de glândulas de seda nos pereópodos 3-4 (**ex:** Ampeliscidae e Corophiidae). É comum às espécies da infauna a migração noturna, na qual os indivíduos saem do sedimento e nadam em direção a coluna d'água. Espécies de *Metharpinia* (Phoxocephalidae) tem uma alta capacidade natatória, grandes densidades foram coletadas por armadilhas luminosas subsuperficiais em estações de coletas com aproximadamente 10 m de profundidade na Baía de Tamandaré, sul de Pernambuco.

Nos fundos consolidados naturais ou não, muitas famílias vivem em associação com uma rica fauna incrustante, ou *fouling*, e podem atingir densidades muito altas. Em experimentos com placas de sucessão ecológicas (10 x 20 cm) não é incomum encontrar densidades das famílias Podoceridae e Ischyroceridae superiores a 2.000 ind. Famílias como Colomastigidae e Leucothoidae adotaram um estilo de vida críptico habitando o interior de esponjas e cestas branquiais de ascídias, respectivamente. Entre as macroalgas do mediolitoral de recifes de arenitos, espécies da família Hyalidae (**ex:** *Apohyale media* e *Protohyale macrodactyla*) são especialmente frequentes e dominantes, seguida das famílias Maeridae e Ampithoidae, perfazendo mais 90% da densidade dos crustáceos nesses ambientes. Nos recifes de arenito da Baía de Suape (Pernambuco), já foram observados picos de densidades por volta de 4.000 ind.g<sup>-1</sup> de macroalgas em períodos chuvosos (junho e julho), já no período seco (dezembro-janeiro) ocorre uma redução para aproximadamente 1/4 dos valores do períodos de chuva. Fatores como arquitetura das macroalgas, pluviometria, turbidez e concentração de NO<sub>3</sub> e NO<sub>4</sub> são determinantes na estruturação dessas comunidades. Já nos ambientes de plataforma continental, fatores como granulometria, teor de matéria orgânica, temperatura de fundo e profundidades são os principais estruturadores. De acordo com os dados do REVIZEE-NE (Projeto de Recursos Vivos da Zona Exclusiva Econômica do Brasil), as comunidades

são tipicamente diferenciadas em função da granulometria, por exemplo, nos fundos de areia fina e lama a diversidade é relativamente baixa, com a família Ampeliscidae sendo dominante, enquanto que em direção aos fundos cascalhos a diversidade é alta. Isso acontece porque nesses tipos de substratos ocorre a formação de microhabitats possibilitando o estabelecimento de uma fauna mais diversificada. No Nordeste do Brasil, esta é a realidade nos ambientes de plataforma média e externa, entre 20-60 m de profundidade, e nos bancos oceânicos da Cadeia Norte e Fernando de Noronha.

Quanto à alimentação os Amphipoda marinhos são primordialmente herbívoros, detritívoros e suspensívoros, uma minoria é carnívora, necrófaga e parasita. Explorando essa variedade de formas de alimentação, este grupo se faz presente em todos os níveis tróficos das teias alimentares marinhas, sendo um dos principais produtores secundários e terciários em ambientes de plataforma continental.

Os Amphipoda são excelentes bioindicadores da qualidade ambiental, sendo utilizados em programas de monitoramento de qualidade de água, recuperação após derrames de petróleo em ambientes costeiros, experimentos de toxicidade de sedimentos, entre outros. Isso ocorre porque esses organismos são sensíveis à mudanças de concentração de poluentes e contaminantes, baixando drasticamente suas densidade nas áreas afetadas. Estudos conduzidos em regiões afetadas por derrames de petróleo na Espanha e França, por exemplo, demonstraram o desaparecimento completo das comunidades de Amphipoda logo após o derramamento e retorno dessas comunidades às condições anteriores apenas após cerca de 10 anos. Outros contaminantes são menos letais, mas estão presentes nos ambientes e perceptíveis no corpo desses organismos. Recentemente, foram analisados conteúdos estomacais de um grupo de espécies na Baía de Suape-PE, e foram encontradas altas taxas de contaminação por filamentos de microplásticos em

indivíduos de famílias como: Ampithoidae, Hyalidae, Photidae e Ischyroceridae. Essa realidade não é exclusiva dos ambientes costeiros, pois a espécie *Eurythenes plasticus* foi descrita paras a fossas Marianas, o ponto mais profundo dos oceanos, contendo filamentos de microplásticos em seu interior. Várias espécies de Amphipoda são utilizadas em bioensaios. No Brasil, *Tiburonella viscana* é uma das quais se revelaram muito eficientes no estudo da toxicidade de sedimentos marinhos, sendo sensíveis a uma variedade de compostos químicos. Espécies da família Talitridae são utilizadas em estudo de diagnóstico e monitoramento da qualidade ambiental das praias arenosas. Sendo espécies semiterrestres, elas habitam a “linha do deixa” em praias com diferentes graus de hidrodinamismo. No Brasil, estudos conduzidos no litoral do Rio de Janeiro com *Atlantorchestoidea brasiliensis* demonstraram o desaparecimento total da espécie em praias urbanizadas, revelando alta sensibilidade da mesma ao pisoteio e outros tipos de poluição em praias arenosas.

O tempo de vida e ciclo reprodutivo dos anfípodos marinhos variam bastante, podendo ser de algumas semanas até alguns anos (em especial em regiões frias e de grandes profundidades). A espécie de *Eurithenes gryllus*, que pode chegar a mais de 10 cm de comprimento e é típica de mar profundo, provavelmente a fêmea fica madura sexualmente aos 9 anos, enquanto os machos aos 4 anos. Espécies de águas subtropicais e tropicais pequenas podem ficar maduras entre 4-8 semanas, muitas das quais podem se reproduzir em épocas específicas ao longo do ano (**ex:** primavera-verão) ou ao longo de todo ano, com produção de uma ou duas gerações num ano para completar o ciclo de vida da espécie (**ex:** Talitridae, Ampeliscidae e Haustoriidae).

## REFERÊNCIAS

### Crustacea geral

- AHYONG, S. T.; LOWRY, J. K.; ALONSO, M.; et al. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) **Animal biodiversity: An outline of higher level classification and survey of taxonomic richness**. Zootaxa, n. 3148, p. 1-237, 2011.
- BARNES, R. S. K.; OLIVE, P. J. W.; CALOW, P. **Os invertebrados – uma nova síntese**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.
- BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- HICKMAN, C. P.; ROBERTS L. S.; KEEN, S. L.; et al. **Integrated Principles of Zoology**. 16ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, ISBN: 978-0-07-352421-4. 2016.
- KOENEMANN, S.; JENNER, R. A.; HOENEMANN, M.; et al. **Arthropod phylogeny revisited, with a focus on crustacean relationships**. Arthropod Structure & Development, n. 2-3, v. 39, p. 88-110, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.asd.2009.10.003>
- MARTIN, J. W.; DAVIS, G. E. **An updated classification of the recent Crustacea**. Science Series – Natural History Museum of Los Angeles, ISSN 1-891276-27-1. 2001.
- REGIER, J. C.; SHULTZ, J. W.; GANLEY, A. R. D.; et al. **Resolving arthropod phylogeny: exploring phylogenetic signal within 41 kb of protein coding nuclear gene sequence**. Systematic Biology, n. 6, v. 57, p. 920-938, 2008.
- REGIER, J. C.; SHULTZ, J. W.; KAMBIC, R. E. **Pancrustacean phylogeny: hexapods are terrestrial crustaceans and maxillopods are not monophyletic**. Proceedings of Royal Society of London [Biological Sciences], n. 1561, v. 272, p. 395-401, 2005. <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2917>
- REGIER, J. C.; SHULTZ, J. W.; ZWICK, A.; et al. **Arthropod relationships revealed by phylogenomic analysis of nuclear protein-coding sequences**. Nature, n. 463, p. 1079-1083, 2010.
- RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia de invertebrados**. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005.
- SCHRAM, F. R. **Crustacea**. New York: Oxford University Press, 1986.
- ### Amphipoda e Isopoda
- BARNARD, J. L.; KARAMAN, G. S. **The families and genera of marine gammaridean Amphipoda (except marine Gammaroidea)**. Part 2. Records of the Australian Museum, v. 13, p. 419–866, 1991.
- BELLAN-SANTINI, D. Ordre des Amphipodes (Amphipoda Latreille, 1816). In: GRASSE, P. (Ed.). **Traité de Zoologie - Anatomie, Systematique, Biologie**. Tome VII, Fascicule IIIA, Crustacés Pécararides. Monaco: Mémoires de l'Institut Océanographique, 1999.

HUGHES, L. E.; AHYONG, S. T. **Collecting and Processing Amphipods**, *Journal of Crustacean Biology*, v. 36, n. 4, p. 584–588, Pages 584–588, 2016. <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002450>

LOWRY, J. K.; MYERS, A. A. **A Phylogeny and Classification of the Amphipoda with the establishment of the new order Ingolfiellida (Crustacea: Peracarida)**. *Zootaxa*, v. 4265, n. 1, p. 1–89, 2017.

MARQUES, J. C.; BELLAN-SANTINI, D. **Biodiversity in the ecosystem of the Portuguese continental shelf: distributional ecology and the role of benthic amphipods**. *Marine Biology*, v. 115, p. 555–564, 1993.

SILVA, E. G. **Estrutura e composição das comunidades de amphipoda associadas às macroalgas dos recifes de arenito da Baía de Suape**, PE- Brasil. 2018. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10617>.

SEREJO, C. S.; SIQUEIRA, S. G. L. **Catalogue of the Order Amphipoda from Brazil (Crustacea, Peracarida): Suborders Amphilochidea, Senticaudata and Order Ingolfiellida**. *Zootaxa*, v. 4431, n. 1, p. 1–139, 2018.

THOMAS, J. D. **Biological monitoring and tropical biodiversity in marine environments: a critique with recommendations, and comments on the use of amphipods as bioindicators**. *Journal of Natural History*, v. 27, p. 795–806, 1993.

VELOSO, V. G.; AZEVEDO, I.; FERREIRA, B. C. A.; SOUZA, G. N. **Atlantorchestoidea brasiliensis (Crustacea: Amphipoda) as an indicator of disturbance caused by urbanization of a beach ecosystem**. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 58, n. 1, p. 13–21, 2010.

WILSON, G. D. F. **Global diversity of isopod crustaceans (Crustacea; Isopoda) in freshwater**. *Hydrobiologia*, n. 595, p. 231–240, 2008.

## Cumacea

BRITO, A. R.; SEREJO, C. S. **On the taxonomy of the genus *Cyclaspis Sars*, 1865 (Crustacea: Cumacea: Bodotriidae) from the Brazilian coast, with three new records and descriptions of three new species**. *Marine Biodiversity*, p. 50–66, 2020. <https://doi.org/10.1007/s12526-020-01073-9>

GERKEN, S. **The Lampropidae (Crustacea: Cumacea) of the world**. *Zootaxa*, n. 4428 v. 1, p. 001–192, 2018.

HAYE, P. A. **Two new Cumacea from South Africa**. *Transactions of the Royal Society of South Australia*, n. 76, p. 45–50, 1953.

HEARD, R. W.; ROCCATAGLIATA, D. **Cumacea (Crustacea) of the Gulf of Mexico**. In: FELDER, Darryl L.; CAMP, David K. (eds.), *Gulf of Mexico—Origins, Waters, and Biota. Biodiversity*. Texas A&M University Press, College Station, Texas, p. 1001–1011, 2009.

JONES, N. S. **Cumacea**. Fiches d'identification du zooplancton 71–76. Conseil International pour l'Exploration de la Mer. Copenhagen, 1957.

JONES, N. S. **British Cumaceans**. Synopses of the British Fauna (new series). Academic Press, London, n. 7, 1976.

MACQUART-MOULIN, C. **La phase pelagique nocturne des Cumacés**. *Journal of Plankton Research*, v. 13, n. 2, p. 313–337, 1991.

MAURO, F. **Cumacea in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. 2020. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/100272>>. Acesso em: 24 Set. 2020.

MCMICHAEL, R. H.; ROSS, S. T. **The relative abundance and feeding habits of juvenile kingfish (Sciaenidae: Menticirrhus) in a Gulf of Mexico surf zone**. *Northeast Gulf Science*, v. 9, n. 2, p. 109–123, 1987. DOI: 10.18785/negs.0902.05

STEARNS, D. E.; DARDEAU, M. R. **Nocturnal and tidal vertical migrations of “benthic” crustaceans in an estuarine system with diurnal tides**. *Northeast Gulf Science*, v. 11, n. 2, p. 93–104, 1990.

## Decapoda

ARAÚJO, M. S. L. C. **Diversidade e ecologia dos Crustacea Brachyura dos manguezais dos rios Ariquindá e Mamucabas, litoral sul de Pernambuco-Brasil**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia. 2013. 203 p.

ARAÚJO, M. S. L. C.; CALADO, T. C. **Bioecologia do caranguejo-Uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus) no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM)**, Alagoas, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 8:169–181. 2008.

ARAÚJO, M. S. L. C.; CASTIGLIONI, D. S.; COELHO, P. A. **Width-weight relationship and condition factor of *Ucides cordatus* (Crustacea, Decapoda, Ucididae) at tropical mangroves of Northeast Brazil**. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 102, n. 3, p. 277–284, 2012.

ARAÚJO, M. S. L. C.; BARRETO, A. V.; NEGROMONTE, A. O.; SCHWAMBORN, R. **Population ecology of the blue crab *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae) in a Brazilian tropical estuary**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84(1), 129–138 2012

ARTÜZ, M. L.; KUBANÇ, C.; KUBANÇ, S. N. ***Stereomastis artuzi* sp. nov., a new species of Polychelidae (Decapoda, Polychelida) described from the Sea of Marmara, Turkey**. *Crustaceana*, v. 87, n. 10, p. 1243–1257, 2014.

BLISS, D. E.; ABELE, L. G. (Ed.). **The biology of crustacea**. New York: Academic Press, 1982.

BOSCHI, E. E. **Species of Decapod Crustaceans and their distribution in the american marine zoogeographic provinces**. *Revista de investigación y Desarrollo Pesquero*, 2000.

BOND-BUCKUP, G.; BUCKUP, L. **Os Crustáceos do Rio Grande do Sul**. Editora da Universidade/UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 1999.

BURGGREN, W. W. et al. (Ed.). **Biology of the land crabs**. Cambridge University Press, 1988.

CALADO, T. C. S.; SOUSA, E. C. **Crustáceos do complexo estuarino lagunar Mundaú/Manguaba Alagoas**. Fundação de amparo à pesquisa de Alagoas. 2003.

CRANE, J. **Fiddler crabs of the world: Ocypodidae: genus *Uca***. Princeton University Press, 2015.

DE GRAVE, S.; PENTCHEFF, N. D.; AHYONG, S. T.; et al. 2009. **A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans**. Raffles Bulletin of Zoology, Suppl. 21: 1-109

DÍAZ, H.; CONDE, J. E. **Population dynamics and life history of the mangrove crab *Aratus pisonii* (Brachyura, Grapsidae) in a marine environment**. Bulletin of Marine Science, v. 45, n. 1, p. 148-163, 1989.

GOODE, G. B. **Fisheries and Fishery Industries of the United States: Section I, Natural History of Useful Aquatic Animals**, Plates, Washington, DC: Government Printing Office, 1884

MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro**. Editora Plêiade; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1996.

MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil**. Edições Loyola, 2003.

MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos crustácea decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuridea, Astacidea**. Editora Plêiade; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1999.

SOUZA-FILHO, J. F. et al. **Crustáceos**. In: SOUZA-FILHO, J.F. Guia Biológico do litoral de Pernambuco. Petróleo Brasileiro S.A. 2015.

TSANG, L. M. et al. **Evolutionary history of true crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura) and the origin of freshwater crabs**. Molecular Biology and Evolution, v. 31, n. 5, p. 1173-1187, 2014.

WOLFE, J. M. et al. **A phylogenomic framework, evolutionary timeline and genomic resources for comparative studies of decapod crustaceans**. Proceedings of the Royal Society B, v. 286, n. 1901, p. 20190079, 2019.

## Lophogastrida

BELMAN, B. W.; CHILDRESS, J. J. **Circulatory adaptations to the Oxygen Minimum Layer in the bathypelagic mysid *Gnathophausia ingens***. The Biological Bulletin, 150, 15–37, 1976.

CHILDRESS, J. J. **Oxygen minimum layer: Vertical distribution and respiration of the mysid *Gnathophausia ingens***. Science, v. 160, n. 3833, p. 1242–1243, 1968.

DE JONG, L. **Functional morphology of the foregut of *Lophogaster typicus* and *L. spinosus* (Crustacea, Mysidacea, Lophogastrida)**. Cahiers de Biologie Marine, v. 37, p. 341–347, 1996.

FAGE, L. **Mysidacea Lophogastrida**. II. The Carlsberg Foundation's oceanographical expedition round the world 1928–1930 and previous “Dana” expeditions under the leadership of Prof. Johannes Schmidt. Dana Report, v. 4 n. 23, 1–67, 1942.

HARGREAVES, P. M. **The vertical and horizontal distribution of four species of the genus *Gnathophausia* (Crustacea: Mysidacea) in the eastern North Atlantic Ocean**. Journal of Plankton Research, v. 11, n. 4, p. 687–702, 1989.

HOPKINS, T. L.; FLOCK, M. E.; GARTNER, J. V. Jr.; TORRES, J. J. **Structure and trophic ecology of a low latitude midwater decapod and mysid assemblage**. Marine Ecology Progress Series, v. 109, p. 143–156, 1994.

HUBER, A. F.; RIBEIRO, F. B.; ARAÚJO, P. B. **Further records of the opossum shrimp *Neognathophausia ingens* (Dorn, 1870) (Peracarida: Lophogastrida: Gnathophausiidae) from Brazil**. Zootaxa, v. 4577, n. 2, p. 371–380, 2019.

MEES, J.; MELAND, K. (orgs.) **World List of Lophogastrida, Stygiomysida and Mysida**. Acessado em <http://www.marinespecies.org/mysidacea> em 05/10/2020, 2012 onwards.

MELAND, K.; MEES J.; PORTER, M.; WITTMANN, K. J. **Taxonomic review of the orders Mysida and Stygiomysida (Crustacea, Peracarida)**. PLoS ONE 10 (4): e0124656, 2015.

MELAND, K.; WILLASSEN, E. **The disunity of “Mysidacea” (Crustacea)**. Molecular Phylogenetics and Evolution, v. 44, n. 3, p. 1083–1104. PMID: 17398121, 2007.

MURANO, M. **Mysidacea**. In: Boltovskoy, Demetrio. (org.), South Atlantic Zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden, p. 1099–1140, 1999.

SAN VICENTE, C. **Species diversity of Antarctic Mysids (Crustacea: Lophogastrida and Mysida)**. In: Thomas, J. Mulder (org.), Antarctica: Global, Environmental and Economic Issues, Nova Science Publishers, Inc., p. 1–80, 2010.

SAN VICENTE, C. **An annotated check-list of lophogastrids (Crustacea: Lophogastrida) from the seas of the Iberian Peninsula**. Zootaxa, v. 4178, n. 4, p. 481–502, 2016.

SANDERS, N. K.; CHILDRESS, J. J. **Adaptations to the deep-sea oxygen minimum layer: oxygen binding by the hemocyanin of the bathypelagic mysid, *Gnathophausia ingens* Dorn**. The Biological Bulletin, v. 178, p. 286–294, 1990.

SEREJO, C. S.; YOUNG, P. S.; CARDOSO, I. C.; TAVARES, C.; RODRIGUES, C.; ALMEIDA, T. C. **Abundância, diversidade e zonação dos crustáceos no talude da costa central do Brasil (11°–22°S) coletados pelo Programa REVIZEE/Score Central: prospecção pesqueira**. In: Costa, P. A. S., Olavo, G. & Martins, A.

S. (orgs.), Biodiversidade da fauna marinha profunda na costa central Brasileira. Vol. 24. Museu Nacional, Rio de Janeiro, p. 133–162, 2007.

TATTERSALL, O. S. **Notes on Mysidacean crustaceans on the genus *Lophogaster* in the U.S. National Museum.** Proceedings of the United States National Museum, 112, 525–546, 1960.

TATTERSALL, W. M.; TATTERSALL, O. S. The British Mysidacea. Ray Society, London, p. 1–460, 1951.

WITTMANN, K. J.; ARIANI, A. P.; LAGARDÈRE, J. **Orders Lophogastrida Boas, 1883 Stygiomysida Tchindonova, 1981 and Mysida Boas, 1883 (also known collectively as Mysidacea).** In: von Vaupel Klein, J.C., Charmantier-Daures, M. & Schram, F.R. (orgs.), Treatise on Zoology—Anatomy, Taxonomy and Biology: THE CRUSTACEA. Crustacea 4B. Koninklijke Brill NV, Leiden, p. 189–396, 2014.

## Mysida

AUDZIJONYTE, A. **Diversity and zoogeography of continental mysid crustaceans.** Walter and Andrée de Nottbeck Foundation Scientific Reports. v. 28, p. 1–46, 2006.

FULTON, R.S. I.I.I. **Predatory feeding of two marine mysids.** Marine Biology. v.72, p.183–191. 1982.

MAUCLINE, J. **The biology of mysids and euphausiids.** Advances in Marine Biology v.18, p.1–681, 1980.

MEES, J.; ABDULKERIM, Z.; HAMERLYNCK, O. **Life-history, growth and production of *Neomysis integer* in the Westerhelde estuary (SW Netherlands).** Mar. Ecol. Prog. Ser. v.109, p. 43–57, 1994.

MEES, J.; JONES, M. B. **The hyperbenthos.** Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 35: 221-255. In: Oceanography and Marine Biology: An Annual Review. Aberdeen University Press/Allen & Unwin: London. ISSN 0078-3218; e-ISSN 2154-9125, 1997.

MELAND, K.; MEES, J.; PORTER, M.; WITTMANN, K. J. **Taxonomic review of the orders Mysida and Stygiomysida (Crustacea, Peracarida).** PLoS ONE 10 (4): e0124656, 2015.

MIYASHITA, L. K.; CALLIARI, D. **Revision of mysids (Crustacea: Peracarida: Mysida) zoogeographical distribution in the south-west Atlantic (0° to 40°S).** Marine Biodiversity Records, v.7, n.e5, p.1–13, 2014.

MURANO, M. **Mysidacea.** In: Boltovskoy, D. (org.), South Atlantic Zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden, p. 1099–1140, 1999.

NIMMO, D. W. R.; HAMAKER, T. L. **Mysids in toxicity testing - a review.** In: MORGAN, M.D. (org.) Ecology of Mysidacea. Developments in Hydrobiology, v.10. Springer, Dordrecht, 1982.

PORTER, M. L.; MELAND, K.; PRICE, W. **Global diversity of mysids (Crustacea-Mysida) in freshwater.** Hydrobiologia 595: 213–218 + suppl, 2008.

ROAST, S. D.; THOMPSON, R. S.; WIDDOWS, B. J.; JONES, M. B. **Mysids and environmental monitoring: a case for their use in estuaries.** Marine and Freshwater Research. v.49, n.8, p.827–832, 1998.

SARDIÑA, P.; LOPEZ CAZORLA, A. C. **Feeding habits of the juvenile striped weakfish, *Cynoscion guatucupa* Cuvier 1830, in Bahia Blanca estuary (Argentina): seasonal and ontogenetic changes.** Hydrobiologia 532, 23–28, 2005.

SPEARS, T.; DEBRY, R. W.; ABELE, L. G.; CHODYLA, K. **Peracarid monophyly and interordinal phylogeny inferred from nuclear small-subunit ribosomal DNA sequences (Crustacea: Malacostraca: Peracarida).** Proceedings of the Biological Society of Washington, v.118, n.1, p.117–157, 2005.

WITTMANN, K. J. **Global biodiversity in Mysidacea, with notes on the effects of human impact.** In: SCHRAM, Frederick R.; VON VAUPEL KLEIN, Jan C. (orgs.) Crustaceans and The Biodiversity Crisis: Proceedings of the Fourth International Crustacean Congress, July 20–24, 1998, volume I: Koninklijke Brill NV, Leiden. p. 511–525, 1999.

## Stomatopoda

AHYONG, S. T.; CHAN, T.Y.; LIAO, Y. C. A **Catalog of the Mantis Shrimps (Stomatopoda) of Taiwan.** Taipei: National Science Council, Taiwan, R.O.C, 2008.

GOMES-CORRÊA, M. M. **Stomatopoda do Brasil (Crustacea-Hoplocarida).** Ph.D. Thesis, Universidade de São Paulo, pls. 35. 1986. 320 p.

LUCATELLI, D.; BEZERRA, L. E. A.; SANTOS, P. J. P. **Checklist of Stomatopoda (Malacostraca: Hoplocarida) deposited in the MOUFPE collection, with a new record from Brazil.** Nauplius, n. 20, v. 2, p. 257-293, 2012.

NG, J. S. S.; LUI, K. K. Y.; LAI, C.; LEUNG, K. M. Y. ***Harpisquilla harpax* (Crustacea, Stomatopoda) as a biomonitor of trace metal contamination in benthic sediments in Hong Kong waters.** Marine Pollution Bulletin, n. 54, p. 1523-1558, 2007.

PORTER, M. L.; ZHANG, Y.; DESAI, S.; CALDWELL, R. L.; CRONIN, T. W. **Evolution of anatomical and physiological specialization in the compound eyes of stomatopod crustaceans.** The Journal of Experimental Biology, n. 213, p. 3473-3486, 2010.

SALGADO-BARRAGÁN, J.; HENDRICKX, M. E. **Clave ilustrada para la identificación de los estomatópodos (Crustacea: Hoplocarida) del Pacífico oriental.** Revista Mexicana de Biodiversidad Supplement, n. 81, p. 1-49, 2010.

## Tanaidacea

ARAÚJO-SILVA, C. L. **Taxonomia e Aspectos Ecológicos de Tanaidacea (Crustacea: Peracarida) da Plataforma Continental e Bancos Oceânicos do nordeste do Brasil, coletados durante o programa REVIZEE-NE.** Dissertação (Mestrado em



Oceanografia)—Departamento de Oceanografia, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPGO), Universidade Federal de Pernambuco. 2010. 284 p.

ARAÚJO-SILVA, C. L.; LARSEN, K. **Tanaidacea from Brazil**. III. New records and description of a species collected from REVIZEE-NE Program. Nauplius, n.20, v.2, p. 87–105, 2012.

BAMBER, R.; BIRD, G. **Peracarid crustaceans from Cape D'Aguilar and Hong Kong, III**. Tanaidacea: Tanaidomorpha. In: MORTON, Brian (org.). The marine flora and fauna of Hong Kong and southern China, IV. Proceedings of the Eighth International Marine Biological workshop: The Marine Flora and Fauna of Hong Kong and Southern China. Hong Kong, 2–20 April 1995: (Hong Kong University Press, Hong Kong), p. 104–142, 1997.

BRENDOLAN, R. A. **Utilização do microcrustáceo *Kalliapseudes schubartii* em testes de ecotoxicologia**. 2004. 107f. Dissertação (Mestrado em Biologia Marinha). Programa de Pós Graduação em Biologia Marinha, Centro de Estudos Gerais Instituto de Biologia Marinha.

BŁAŻEWICZ-PASZKOWYCZ, M.; BAMBER, R.; ANDERSON, G. **Diversity of Tanaidacea (Crustacea: Peracarida) in the World's Oceans – How Far Have We Come?** PLoS ONE v. 7, n. 4, e33068, 2012.

BÜCKLE-RAMIREZ, F. **Untersuchungen über die Biologie von *Heterotanais oerstedii* [sic] (Krøyer)**. Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere, v.55, p.711–782. 1965.

DOJIRI, M.; SIEG, J. **The Tanaidacea**. In: BLAKE, James A.; SCOTT, Paul H. Taxonomic atlas of the benthic fauna of the Santa Maria Basin and western Santa Barbara Channel, 11, The Crustacea (2), The Isopoda, Cumacea and Tanaidacea, (1–5): p.181–278. (Santa Barbara Museum of Natural History, Santa Barbara, California), 1997.

GARDINER, L. F. **The systematics, postmarsupial development, and ecology of the deep-sea family Neotanaidae (Crustacea: Tanaidacea)**. Smithsonian Contributions to Zoology. v. 170, p. 1–265, 1975.

GENISTRETTI, J. A. **Composição e distribuição espacial de Tanaidacea (Crustacea, Peracarida) nas regiões recifais Sebastião Gomes e Parcel dos Abrolhos, Banco dos Abrolhos (Bahia, Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia)—Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo (IOUSP). 2013. 106 p.

GUŢU, M.; SIEG, J. **9 Ordre des Tanaïdacés (Tanaidacea Hansen, 1895)**. p. 353–389. In: Forest, J., M. Bacescu, D. Bellan-Santini, G.A. Boxshall, Ph. Cals, J.-P. Casanova, H. Dalens, M. Guțu, R.R. Hessler, J.P. Lagardère, Th. Monod, H. Nouvel, I. Petrescu, M.-L. Roman, J. Sieg, J.-P. Trilles; L. Watling, L. (orgs.), *Traité de Zoologie: Anatomie, Systématique, Biologie*, 7, Crustacés, 3A. Pércarides [Treatise on Zoology: Anatomy, Systematics,

Biology, 7, Crustaceans, 3A. Peracarida]. Mémoires de l'Institut Océanographique, Monaco, 19. Musée Océanographique de Monaco, Monaco, 1999.

HIGHSMITH, R. C. **Sex reversal and fighting behaviour: coevolved phenomena in a tanaid crustacean**. Ecology, v. 64, p. 719–726, 1983.

JOHNSON, S.B.; ATTRAMADAL, Y.G. **Reproductive behaviour and larval development of *Tanais cavolinii* Milne-Edwards (Crustacea, Tanaidacea)**. Marine Biology, Berlin, v. 71, p. 11–16, 1982.

KUDINOVA-PASTERNAK, R. K. **Trophic groups of Tanaidacea (Crustacea, Peracarida)**. Zoologicheskii Zhurnal. v. 70, n. 3, p. 30–37, 1991.

LARSEN, K. **Deep-Sea Tanaidacea (Peracarida) from the Gulf of Mexico**. 2005. 391f. Brill, Leiden.

LARSEN, K.; GUTU, M.; SIEG, J. **59. Order Tanaidacea Dana, 1849**. Crustacea 5 (59): 249–328. In (eds.): J.C. von Vaupel Klein; M. Charmantier-Daures; F.R. Schram. *Treatise on Zoology- Anatomy, Taxonomy, Biology. The Crustacea*, v. 5, p. 1–370, 2015.

MONTAGNOLLI, W.; ZAMBONI, A. J.; LUVIZOTTO-SANTOS, R.; YUNES, J. S. **Acute Effects of *Microcystis aeruginosa* from the Patos Lagoon Estuary, Southern Brazil, on the microcrustacean *Kalliapseudes schubartii* (Crustacea: Tanaidacea)**. Arch. Environ. Contam. Toxicol. v. 46, p. 463–469, 2004.

PENNAFIRME, S.; SOARES-GOMES, A. **Population biology and reproduction of *Kalliapseudes schubartii* Mañé-Garzón, 1949 (Peracarida, Tanaidacea) in a tropical coastal lagoon, Itaipu, Southeastern Brazil**. Crustaceana, v. 82, n. 12, p. 1509–1526, 2009.

RUMBOLD, C. E.; OBENAT, S. M.; LEONARDI, M. S.; SPIVAK, D. S. **Intersex in the gonochoristic crustacean *Tanais dulongii* (Audouin, 1826) (Peracarida: Tanaidacea: Tanaididae): a comparison of external reproductive characteristics**, Journal of Natural History, 2015.

SIEG, J. Evolution of Tanaidacea. p. 229–256. In: SCHRAM, Frederick R. (org.), **Crustacean Phylogeny**. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 1983.

SIEG, J. **Neuere Erkenntnisse zum natürlichen System der Tanaidacea**. Eine phylogenetische Studie. Zoologica (Stuttgart). v. 136, p. 1–132, 1984.

SIEG, J. **Sind die Dikonophora eine polyphyletische Gruppe**. Zoologischer Anzeiger, v. 205, n. 5-6, p. 401–416, 1980.

SIEG, J. Tanaidacea. In: Higgins, R. P., & H. Thiel (orgs.) **Introduction to the Study of Meiofauna**, v.41, p.402-408. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 488f, 1988.

WOLFF, T. **Diversity and composition of deep-sea benthos**. Nature, London, v. 267, p.780–785, 1977.

# COMUNIDADES BENTÔNICAS MARINHAS: CONCEITOS BÁSICOS COM ÊNFASE NO NORDESTE DO BRASIL

7

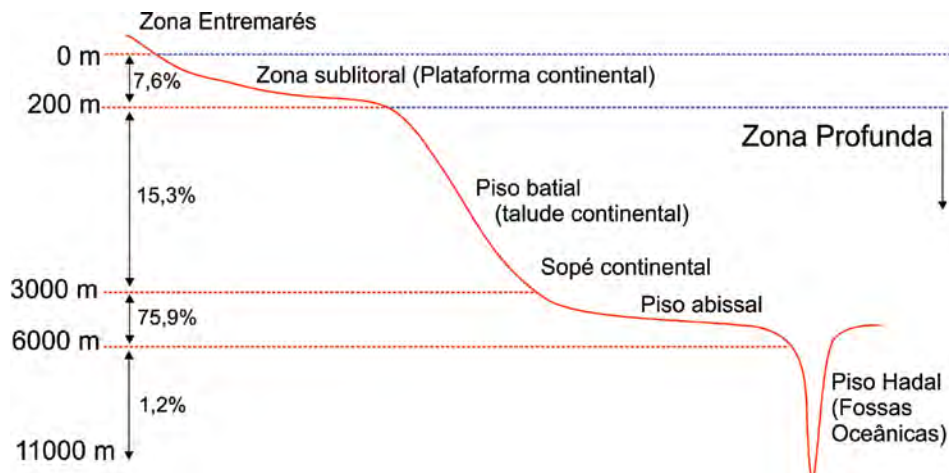
Jesser F. SOUZA-FILHO<sup>1</sup>  
José Souto ROSA-FILHO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

## 1. DEFINIÇÃO DO BENTOS E DOMÍNIO BENTÔNICO

O termo **bentos** vem do grego *βάθος* (*váthos*) e significa profundidade. Um organismo (animal e planta) é considerado bentônico quando vive em íntima e obrigatória ligação com o fundo, seja fixado, andando, rastejando ou nadando sobre ele, em seu interior ou, ainda, que o utilize como proteção e abrigo, ou dele dependa para atividades como alimentação ou reprodução (Gray & Elliott, 2009). O assoalho oceânico é representado pelo domínio bentônico e estende-se desde a região emersa que recebe influência dos respingos das ondas (supralitoral) até as grandes profundidades das fossas marinhas (11 mil metros de profundidade). Este domínio é subdividido em zonas bem definidas com

base nas profundidades, sendo: **zona litoral** – 0 m; **zona sublitoral** ou **infralitoral** (plataforma continental) em média até 200 m representando o limite da quebra da plataforma, no Nordeste do Brasil a profundidade de quebra de plataforma gira em torno de 50-60 m; **zona batial** entre 1.000 e 3.000 m, o talude continental; **zona abissal** ou **planície abissal** entre 3.000 e 6.000 m; e **zona hadal** ou fossas/trincheiras oceânicas abaixo de 6.000 m (Fig. 7.1). Alguns autores clássicos subdividiram a zona sublitoral em infralitoral e circalitoral, de acordo com o limite de distribuição de algas calcáreas. Coelho et al. (2004) propôs a divisão presente na tabela 7.1 para o ambiente bentônico do estado de Pernambuco com seus respectivos povoamentos, com base nos trabalhos de Pérès (1961, 1967), Pérès & Picard (1964), Kempf (1970) e Coelho & Ramos-Porto (1980a; b).



**Figura 7.1** Divisão do ambiente bentônico de acordo com a profundidade. **Adaptado** de Kingston (2009).

No presente capítulo, iremos explorar os conceitos básicos sobre o bentos marinho, apresentando seus principais representantes, exemplos de padrões de distribuição, e principais fatores abióticos e bióticos que influenciam as populações e comunidades bentônicas.

**Tabela 7.1** Subdivisão do domínio bentônico marinho de Pernambuco e seus respectivos povoamentos (segundo Coelho et al., 2004).

Andares		Substratos			
		Consolidados		Inconsolidados	
Supralitoral		Povoamento da rocha supralitoral		Povoamento da areia supralitoral	
Mediolitoral	Superior	Povoamento da rocha mediolitoral superior		Povoamento da areia mediolitoral	
	Inferior	Povoamento da rocha mediolitoral inferior			
Infralitoral (até +/-20 m)		Povoamento da rocha infralitoral	Povoamento do cascalho infralitoral	Povoamento da areia infralitoral	
Circalitoral (entre 20-100 m)		Povoamento da rocha e do cascalho circalitorais	Povoamento das grutas semi-obscuras	Povoamento da lama circalitoral	Povoamento do cascalho lamoso circalitoral
Batial		Povoamento dos fundos detríticos profundos			
		Povoamento das grutas totalmente escuras			

## 2. FATORES AMBIENTAIS QUE AFETAM O BENTOS

Ainda que as condições ambientais no sedimento sejam mais estáveis que na coluna d'água, os organismos bentônicos sofrem influência das variações de fatores abióticos em diferentes escalas espaciais e temporais. As características dos substratos são o principal fator determinante dos padrões de distribuição das comunidades bentônicas. As flutuações nas características ambientais relacionadas aos ciclos sazonais do clima exercem também forte influência na estruturação das comunidades bentônicas. Essas flutuações são aparentemente mais drásticas nas zonas litorais, envolvendo os períodos de imersão/emersão ao longo dos ciclos de maré, mudanças sazonais da temperatura superficial da água do mar, alterações nas intensidades de luz, ventos e turbulência, variações de salinidade descarga de água doce provenientes dos rios, entre outros (Fig. 7.2). Esses efeitos são mais facilmente detectados até profundidades de aproximadamente 100 m. Em

maiores profundidades os diferentes gradientes de temperatura, salinidade, pressão e luminosidade são importantes fatores que afetam a distribuição do bentos.

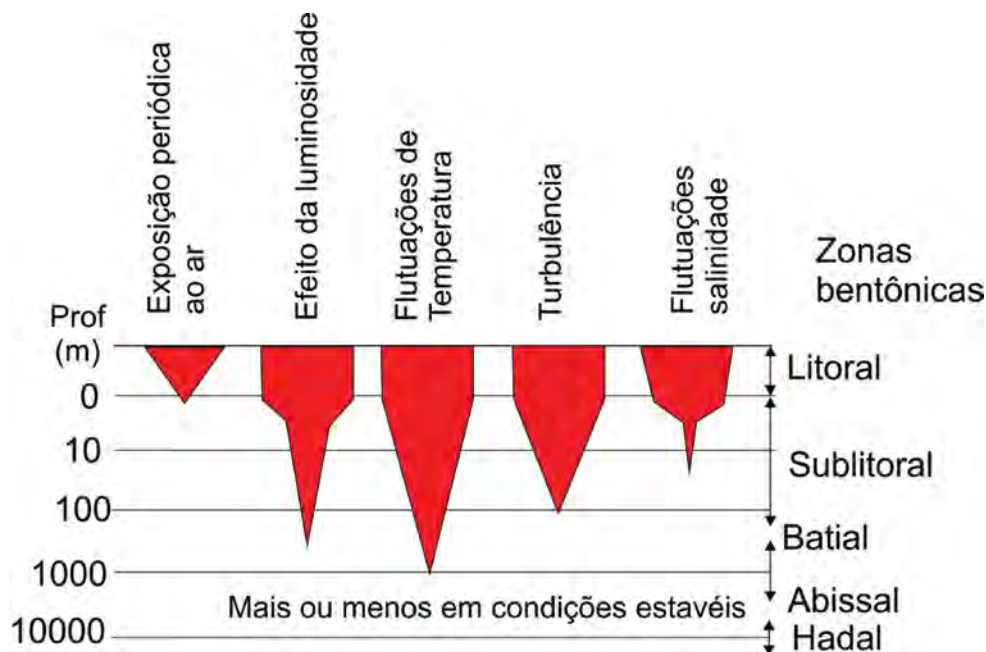
Na região litoral, a influência do mar se dá desde o limite de alcance dos respingos da água (supralitoral) até onde os ciclos de marés exercem influência nos períodos de imersão e emersão. Os organismos estão, portanto, adaptados a grandes variações de temperatura, salinidade e dessecação decorrentes da exposição ao ar nos períodos de maré baixa. Para lidar com essas variações esses organismos desenvolveram estratégias diferenciadas. Alguns se deslocam para fendas, tocas ou outros organismos bentônicos que os protejam das altas temperaturas durante o dia (**ex:** gastrópodes, crustáceos e poliquetas), organismos incrustantes possuem cor clara e superfície porosa para refletir a luz solar e absorver menos calor, além de fechamento

hermético de suas conchas ou valvas (**ex:** cracas e mexilhões) e algumas espécies realizam migrações mareais (**ex:** bivalves e crustáceos). Algumas macroalgas desenvolveram a capacidade de suportar a desidratação extrema (podem perder +/- 90% da água), e/ou possuem compostos químicos com atividade antioxidante que protegem os tecidos dos raios ultravioletas.

Abaixo da linha de variação de maré, onde o substrato é permanentemente submerso, os organismos estão sujeitos às variações de luminosidade, que é um fator limitante para a distribuição dos vegetais. A quantidade de luz do dia reduz drasticamente com o aumento da profundidade, e apenas 1% da luz disponível na superfície alcança profundidades de 10 a 30 m, dependendo da quantidade de material em suspensão na coluna d'água. Além disso, o tipo de luz disponível muda igualmente com a profundidade, dado que os comprimentos de onda maiores (**ex:** vermelho) são absorvidos nos primeiros metros, e em profundidades maiores apenas luz de baixo

comprimento de onda (**ex:** azul) está presente. Dessa forma, a zonação dos vegetais marinhos ocorre em função do pigmento fotossintético predominante de cada grupo. As macroalgas, por exemplo, são diferenciadas em filo Chlorophyta (algas verdes), filo Rhodophyta (algas vermelhas) e filo Ochrophyta (classe Phaeophyceae- algas marrons). A clorofila *a* e *b* são os principais pigmentos responsáveis pela cor verde, já a coloração vermelha e marrom é derivada do equilíbrio entre as clorofilas, o  $\beta$ -caroteno (pigmento amarelo) e algumas xantofilas (pigmento amarelo-acastanhado). As macroalgas verdes vivem principalmente em águas mais rasas, incluindo poças entremareais, enquanto que as vermelhas e marrons dominam em maiores profundidades, onde a luz solar é limitada.

A temperatura da água dos oceanos varia horizontal e verticalmente, sendo mais quente nas regiões tropicais e subtropicais e geladas nas zonas polares. O padrão de distribuição vertical depende da região geográfica e da profundidade local, que refletirá o grau de empilhamento de diferentes massas d'água.



**Figura 7.2** Fatores abióticos que afetam o bentos marinho, a largura das faixas indicam a influência do fator. **Adaptado** de Kingston (2009).

No Nordeste do Brasil, por exemplo, as temperaturas superficiais das regiões costeiras variam pouco ao longo do ano (2°C). Porém, na região oceânica, esses valores mudam com a profundidade em decorrência das diferentes massas d'água. Na superfície, até cerca de 200 m, está presente uma massa d'água quente ao longo de todo o ano (Água Tropical- ATS), logo abaixo dela a temperatura baixa bruscamente, configurando a presença de uma termoclina permanente com temperaturas maiores que 18°C. As diferenças de densidades formam uma barreira natural, impedindo a mistura entre as camadas, ao contrário do que ocorre em zonas temperadas e polares.

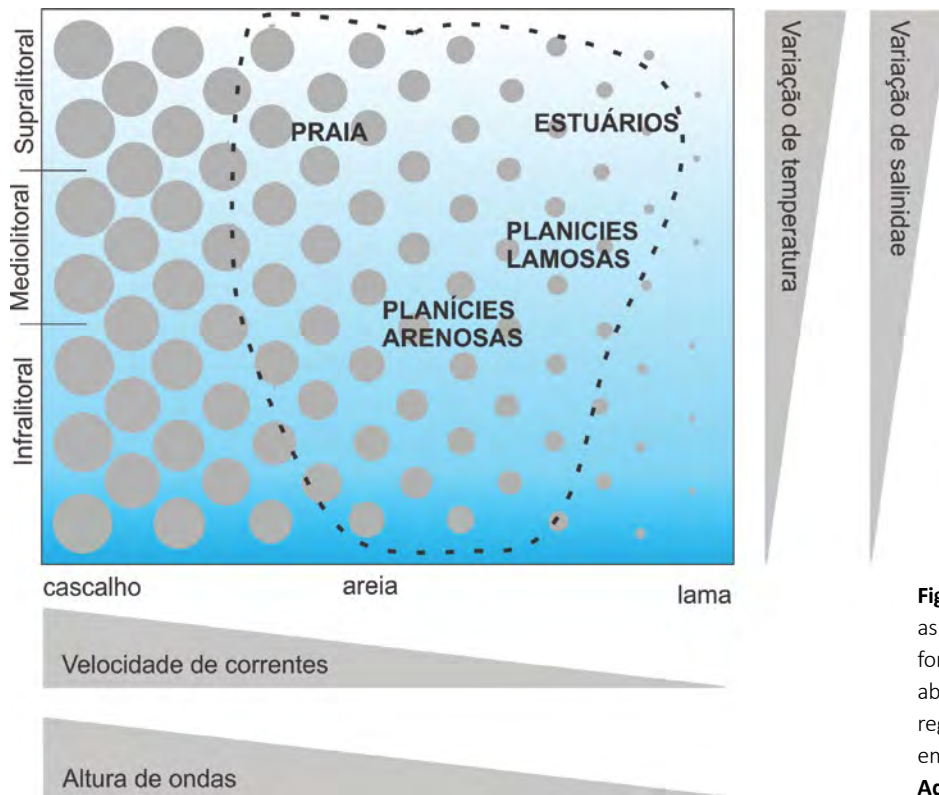
Os valores de salinidade variam pouco na região oceânica, com média de 34,7, porém, nas zonas costeiras a salinidade pode apresentar muitas mudanças dependendo do ecossistema. Nos topos recifais ou em poças encravadas nas rochas costeiras a salinidade pode chegar a valores iguais 39, devido as altas taxas de evaporação durante o dia. Em praias arenosas a salinidade tende a ser mais baixa no infralitoral e alta no supralitoral, variando de acordo com profundidade dentro do sedimento. Já em áreas estuarinas, os valores variam de acordo com os ciclos de marés e volume de descargas dos rios, que é maior nos períodos chuvosos.

O tipo de substrato afeta diretamente a composição e distribuição do bentos. Os substratos consolidados ou duros são mais comuns nas zonas costeiras e podem ser de diferentes origens naturais (costões rochosos, recifes de corais, algálicos/coralíneos, formados por moluscos e poliquetas, *beachrocks*, rodolitos etc.) e artificiais (**ex:** píers, recifes artificiais, muros de contenção, etc.). Esses substratos são colonizados por organismos que os usam para se fixar, utilizando diferentes mecanismos comportamentais, químicos e mecânicos para disputar os espaços disponíveis com outras espécies. Os substratos inconsolidados ou moles possuem estrutura tridimensional, considerando sua superfície e profundidade, ao contrário do que ocorre na maioria dos substratos consolidados que são predominantemente

bidimensionais. A dominância dos fundos inconsolidados, particularmente os lamosos, aumenta na medida em que as profundidades vão ficando maiores, em especial nas bacias abissais.

Na região oceânica, os substratos consolidados estão confinados aos topos de montes submarinos, regiões com aflorações rochosas e aglomerações de nódulos polimetálicos. A natureza do substrato reflete as condições hidrodinâmicas locais, em praias com alta energia os sedimentos tendem a ser mais grossos, ao passo que praias com baixa energia têm sedimentos mais finos, uma vez que os grãos mais finos são mantidos em suspensão em locais de alta energia e se depositam em locais de energia intermediária a baixa (Fig. 7.3). Cada praia tem fauna bentônica (composta predominantemente por crustáceos, moluscos e poliquetas) adaptada às diferentes condições de energia e granulometria dos sedimentos.

Nas regiões de plataforma continental carbonática, como é o caso do Nordeste do Brasil, a granulometria varia de acordo com a proximidade da costa e com a distribuição da cobertura vegetal, sendo muito abundantes os sedimentos bioclásticos com alto teor de carbonatos (+90%), compostos especialmente de fragmentos de algas calcárias do gênero *Halimeda* ou blocos/rodolitos de *Lithothamnium*. Esse tipo de substrato apresenta elevada variedade de microhabitats para o estabelecimento de uma rica fauna bentônica. Nas zonas profundas (mais de 95% dos fundos marinhos) dominam sedimentos finos, como resultado da deposição de sedimentos erodidos dos continentes por milhões de anos, com manchas esporádicas de rochas ou areia. Nesse tipo de fundo dominam nematódeos, poliquetas e equinodermatas que se alimentam principalmente de matéria orgânica particulada depositada.



**Figura 7.3** Possíveis interações entre as características físicas do sedimento, forçantes hidrodinâmicas e fatores abióticos (temperatura e salinidade) nas regiões de supra, médio e infralitoral em alguns ecossistemas costeiros  
**Adaptado** de Harmonies (2018).

### 3. CLASSIFICAÇÃO DO BENTOS

O bentos pode ser classificado sobre diversos pontos de vista. Quanto a composição taxonômica, os animais são classificados como zoobentos e os vegetais em fitobentos. De acordo com a posição em relação ao substrato temos a epifauna, compreendendo os animais que vivem sobre ou associado a superfície do substrato e a infauna reunindo todos os animais que vivem dentro do substrato, que seja de maneira livre, construindo tubos ou galerias, ou vivendo entre os grãos (espaços intersticiais). Alguns organismos são classificados como semi-infauna, pois vivem parcialmente abaixo da interface sedimento-água, mas parte do corpo fica acima dele (**ex:** alguns mexilhões, poliquetas, entre outros).

De acordo com o biótopo temos a seguinte classificação:

**a)** nos substratos consolidados os organismos epilíticos, mesolíticos, e endolíticos e;

**b)** nos substratos inconsolidados os organismos episâmicos, mesopsâmicos e endopsâmicos, com os prefixos epi, meso e endo correspondendo, respectivamente, a sobre, entre e dentro de um determinado substrato. Se o substrato for vegetal, os organismos podem ser classificados como epífíticos e endofíticos.

Mais comumente, a fauna bentônica é dividida por classe de tamanho em microfauna, meiofauna, macrofauna e megafauna. A megafauna compreende os animais entre 0,3-0,5 mm e 2 cm. A macrofauna compreende os animais que passam na peneira com abertura de 2 cm e são retidos na peneira de 0,3-0,5 mm (0,3 mm em mar profundo), a meiofauna é caracterizada pelos animais que passam pela peneira de 0,3-0,5 mm e são retidos na peneira de 0,045 mm, a microfauna é composta pelos animais que passam pela peneira de 0,045 mm, e todos os protistas (independente do tamanho). Quando incluimos

os vegetais nessa classificação, podemos utilizar os termos microbentos, meiobentos e macrobentos.

Quanto à mobilidade, os organismos da epifauna podem ser classificados em (a) sésseis, vivendo fixos ao substrato ou outros organismos bentônicos (**ex:** mexilhões e cracas), (b) sedentários, que têm baixa capacidade de locomoção (**ex:** muitos gastrópodos e poliquetas) e (c) vágil ou de grande mobilidade, com alta capacidade de locomoção (**ex:** siris e guaiamuns). O termo demersal é aplicado aos organismos que vivem na coluna d'água imediatamente acima do fundo.

De acordo com a fonte de alimentação, as espécies bentônicas podem ser classificadas em duas grandes categorias (a) macrófagos – subdividida em espécies carnívoras, herbívoras, onívoros e necrófagos, e (b) micrófagos – subdividida em suspensívoros e depositívoros. Ao considerar o tipo de alimento consumido e os mecanismos de captura e manipulação da comida os animais bentônicos são classificados em filtradores ou suspensívoros (capturam partículas e organismos em suspensão na água), comedores de depósito (alimentam-se de material particulado depositado no fundo – maioria das espécies bentônicas), carnívoros (predam animais), herbívoros (comem vegetais) e saprófagos (baseiam a alimentação em animais e plantas mortos).

## 4. COMPOSIÇÃO DO BENTOS MARINHO

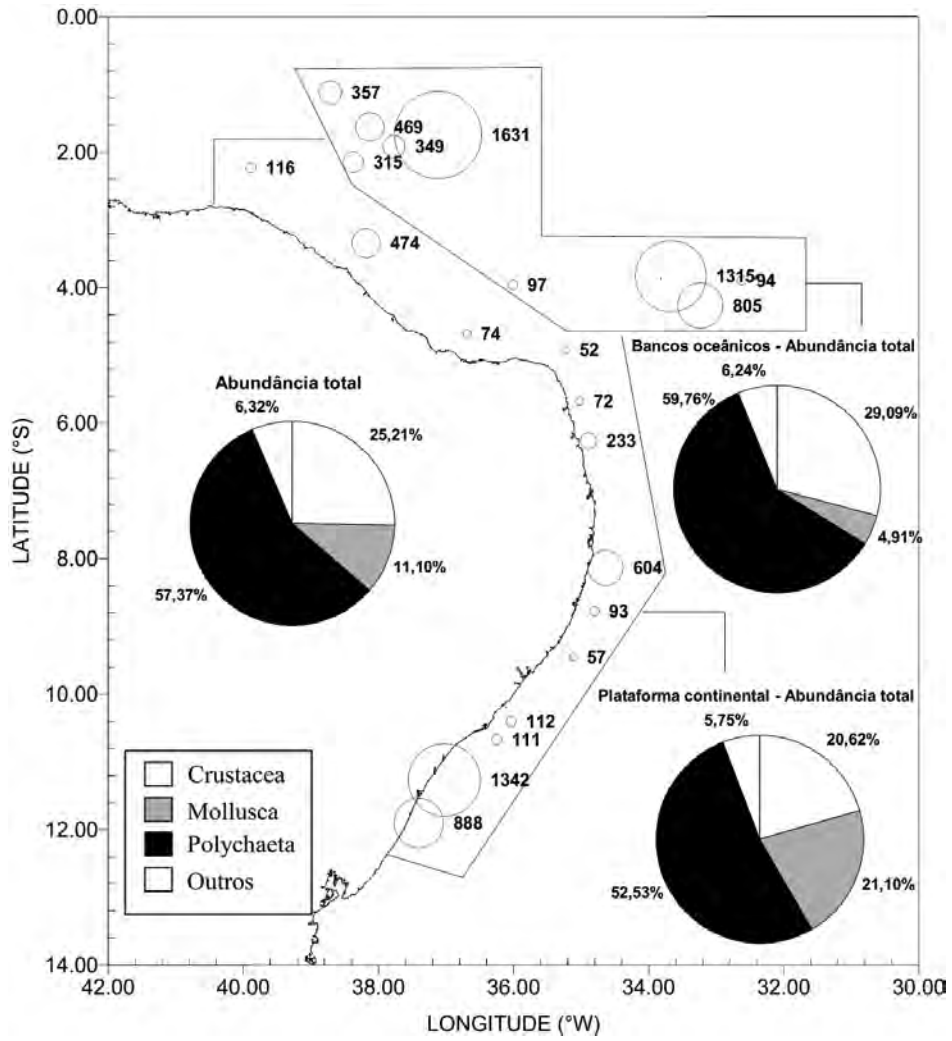
O bentos marinho está representado por uma complexa e diversificada flora e fauna. Cerca de 98% dos organismos marinhos são exclusivamente bentônicos ou possuem algum representante no bentos. A maioria dos filos conhecidos são exclusivamente ou predominantemente marinhos, dos quais grande parte é bentônica e não possuem representantes terrestres ou de água doce (Tab. 7.2). O fitobentos é representado por diatomáceas, macro e microalgas e angiospermas. As algas verdes e os

mangues (estuários) dominam em ambientes tropicais, enquanto algas marrons e gramíneas (estuários) são dominantes nas zonas temperadas e frias.

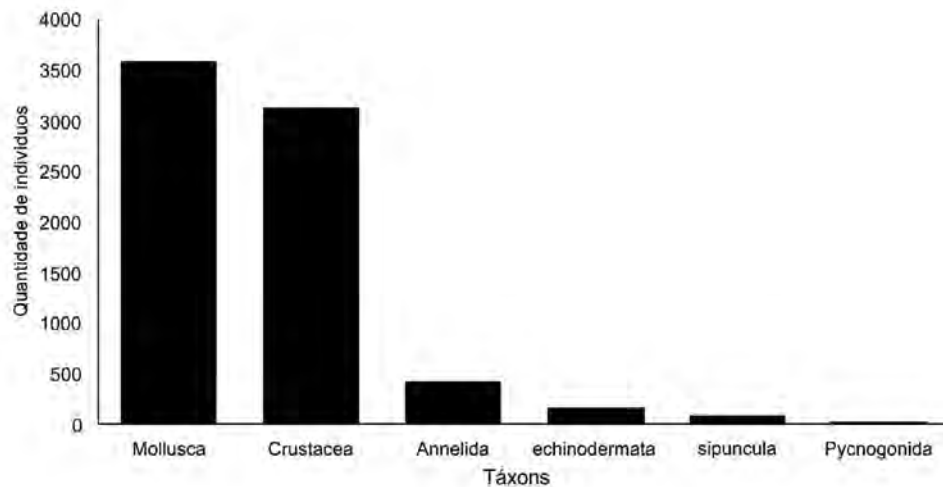
Os invertebrados são os animais dominantes nas comunidades bentônicas, quer seja em número de espécies ou biomassa. Representando a microfauna, os protistas (**ex:** ciliados e foraminíferos) são dominantes no bentos, chegando a representar mais de 50% das espécies na maioria dos ambientes bentônicos. A meiofauna da maioria dos ambientes é dominada por nematódeos, que podem representar mais de 95% do total de organismos nos fundos lamosos estuarinos e de mar profundo. As testas de foraminíferos da meiofauna, por exemplo, são importantes componentes dos sedimentos em mar profundo, e em alguns casos densas populações podem encrustar e formar nódulos ricos em manganês, criando assim os poucos substratos consolidados em planícies abissais. Já nos substratos inconsolidados os crustáceos copépodes harpacticoida e os nematódeos são dominantes. Curvas de rarefação aplicados a dados coletados em mar profundo mostraram que estes grupos são altamente diversificados, com possibilidade de existir mais de 10 vezes a riqueza conhecida atualmente. Na macrofauna três filos destacam-se: Crustacea, Mollusca e Annelida (Polychaeta), onde frequentemente são encontrados como os grupos dominantes em amostras da macrofauna de fundos inconsolidados ou consolidados. Na plataforma continental e bancos oceânicos do Nordeste do Brasil, com base nos dados do Programa REVIZEE, os Polychaeta representam o grupo dominante numericamente com 58% do total de indivíduos coletados, seguido por Crustacea (25%) e Mollusca (11%) (Fig. 7.4).

A alternância de dominância destes grupos pode ocorrer em função da profundidade, tipo de substrato ou até mesmo grau de poluição do ambiente (Fig. 7.5). A diversidade desses locais pode ser espantosamente elevada. Um estudo *cross-shelf* desenvolvido na plataforma continental de Pernambuco revelou que apenas Crustacea e Mollusca foram representados por 447 espécies distribuídas em 272 gêneros.





**Figura 7.4** Distribuição espacial da abundância da macrofauna bentônica coletados durante a comissão NE-IV (Programa REVIZEE). Os círculos correspondem à abundância absoluta nas estações. **Adaptado** de Coelho-Filho & Freitas (2000).



**Figura 7.5** Abundância da macrofauna bentônica por táxons encontrados na Plataforma do litoral sul de Pernambuco. **Adaptado** de Silva (2015).

**Tabela 7.2** Filos encontrados no zoobentos marinhos, classificação baseada em Hickman et al. (2016).

Grupo	Observações
<b>Clado Protostomia =&gt; Lophotrochozoa:</b>	
Filo Platyhelminthes	Turbelários marinhos (ordens Polycladida e Macrostomida).
Filo Nemertea	Também conhecidos como Nemertinos ou Rhynchozoela.
Filo Rotifera	Principalmente de água doce, mas algumas poucas espécies vivem em praias (meiofauna).
Filo Gastrotricha	Típico da meiofauna de ambientes intersticiais marinhos.
Filo Gnathostomulida	Típico da meiofauna (intersticial).
Filo Chaetognatha	Maioria holoplactônica, mas a família Spadellidae é bentônica.
Filo Mollusca	Um dos principais grupos da macrofauna.
Filo Annelida (incluindo os pogonóforos)	Um dos principais grupos da macrofauna.
Filo Echiura	Conhecidos como “vermes-colher”.
Filo Sipuncula	Correlacionados aos anelídeos e conhecidos como “vermes-amendoim”.
Filo Phoronida	Lofoforados marinhos tubícolas.
Filo Brachiopoda	Lofoforados marinhos “bivalve”, grande maioria das espécies são fósseis.
Filo Ectoprocta (Bryozoa)	Um dos grupos de lofoforados marinhos.
Filo Entoprocta	Inclui formas sésseis semelhantes a hydrozoários.
<b>Clado Protostomia =&gt; Ecdysozoa:</b>	
Filo Kinorhyncha	Típico da meiofauna.
Filo Loricifera	Tipicamente intersticial.
Nematoidea (Nematoda + Nematomorphora)	Nematoda (vida livre) é o grupo dominante da meiofauna marinha.
Filo Priapulida	Majoritariamente de águas frias.
Filo Arthropoda	Representantes marinhos: Crustacea (maior grupo), Pycnogonida, Acari e Xyphosura ( <i>Limulus</i> ).
Filo Tardigrada	Típico da meiofauna.
<b>Clado Deuterostomia:</b>	
Filo Echinodermata	Exclusivamente marinho, inclui as estrelas-do-mar, ofiuroides, ouriços-do-mar, pepinos-do-mar e os lírios-do-mar.
Filo Hemichordata	Inclui formas sedentárias (classe Enteropneusta) e sésseis (classe Pterobranchia).
Filo Chordata	Principalmente os subfilos Urochordata (classes Ascidiacea, Appendicularia e Thaliacea) e Cephalocordada ( <b>ex:</b> <i>Anfioxus</i> ). Alguns “peixes” são classificados com nectobentônicos.

## 5. PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

Os padrões de distribuição do bentos refletem em grande parte o estilo de vida dos organismos, seus hábitos alimentares e suas interações com os fatores abióticos. De um modo geral, esses organismos se organizam espacialmente (vertical

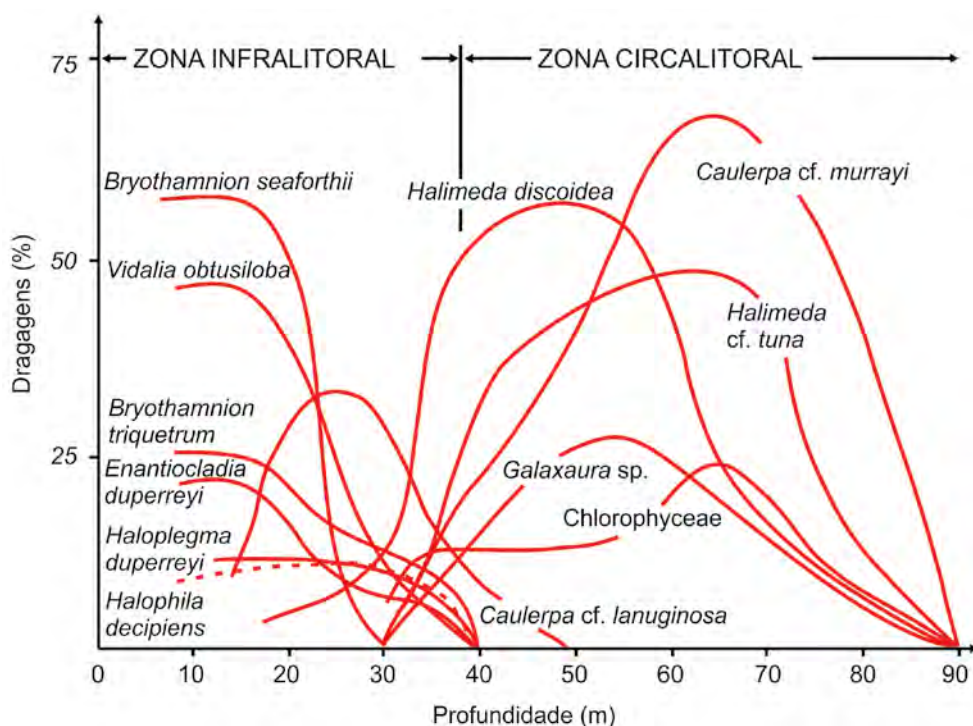
e horizontal) em função de uma complexa rede de interações ecológicas. Os vegetais, macroalgas e angiospermas marinhas, tem sua distribuição limitada principalmente pela luminosidade. Sendo assim, esses vegetais ocorrem até onde a penetração

da luz permite a realização da fotossíntese, sendo importantes fontes de alimentos para os consumidores primários (herbívoros).

Verticalmente observa-se que as algas verdes dominam em menores profundidades, enquanto as algas marrons são as únicas presentes nas maiores profundidades. Esse padrão já foi descrito para alguns tipos de algas no Nordeste do Brasil por Kempf (1970). Desde a faixa de 10 até 100 m existe uma clara zonação das macroalgas em função da profundidade, o que reflete as diferentes capacidades de absorção dos espectros de luz por alguns grupos (Fig. 7.6). Entre 35 e 40 m existe uma zona de transição entre as algas fotófilas e ciáfilas, correspondendo ao limite entre o infra e o circalitoral (segundo classificação de Peres, 1961 e Perez & Picard, 1964). As rodofíceas tornam-se raras e as clorofíceas passam a ser dominantes, em especial as calcáreas (**ex:** *Halimeda*), já as feofíceas são bem menos abundantes.

Locais onde há abundância de substrato consolidado (**ex:** zonas costeiras com recifes de arenito) propiciam o estabelecimento e o desenvolvimento de uma diversificada comunidade de macroalgas. No estado de Pernambuco, por exemplo, são conhecidas aproximadamente 355 espécies, região onde ocorrem macroalgas típicas da região tropical, como *Gracilaria*, *Bryothamnion*, *Dictyota*, *Dictyopteris*, *Caulerpa*, *Udotea*, *Halimeda*, entre outras.

Os animais bentônicos, em sua maioria são suspensívoros ou depositívoros, competem intensamente por substrato adequado e alimento, o que faz com que a distribuição desses organismos se dê geralmente em manchas ou agregados. Os animais suspensívoros podem ocupar diferentes níveis acima do substrato para obter as partículas em suspensão e assim evitar competição intraespecífica. Poliquetas sabelídeos estendem sua coroa radiolar (estrutura por onde eles capturam alimentos) até alguns centímetros acima do substrato, mas por



**Figura 7.6** Padrão de distribuição das espécies de vegetais da plataforma continental do Nordeste do Brasil, com indicação da mudança de comunidades em função da luminosidade (infralitoral e circalitoral). **Adaptado** de Kempf (1970).

outro lado algumas espécies deste grupo podem também se alimentar diretamente da matéria orgânica depositada no sedimento. Grupos que vivem associados às macroalgas (**ex:** *Sargassum* spp.), cnidários (*Carijoa riisei*, gorgônias) ou briozoários arborescentes, por exemplo, disputam as melhores posições da base até o ápice desses organismos para alcançar as partículas em suspensão no fluxo de água circundante. Alguns moluscos bivalves estendem seus sifões a apenas alguns milímetros da superfície, enquanto muitos poliquetas e crustáceos cavam uma rede de galerias profundas e induzem a circulação da água através do batimento de apêndices modificados especialmente para esse fim (**ex:** parapódios e pleópodos, respectivamente).

Os depositívoros adotaram estratégias interessantes para obter alimento. Espécies que são depositívoras não-seletivas, dominantes em ambientes com substrato rico em detritos orgânicos, consomem grande quantidade de sedimentos quer estejam na superfície (**ex:** holotúrias e alguns caranguejos) ou na subsuperfície (ouriços, poliquetas *Pectinaria*, crustáceos Tanaidacea, etc.) utilizando a faringe eversível, sifões, tentáculos e apêndices bucais modificados. Os depositívoros seletivos, que dominam em fundos com pouco detrito orgânico, selecionam ativamente as partículas que são engolidas, preferindo aquelas com elevado valor nutritivo. O resultado das interações em busca dessas fontes de alimentos é um mosaico no padrão de distribuição horizontal desses organismos, que é primariamente mantido pela competição inter e intra-específica por espaço.

Os organismos bentônicos apresentam distribuição vertical bem definida, em diversas escalas. Em pequena escala (centímetros) as comunidades infaunais de sedimentos inconsolidados, por exemplo, selecionam o substrato para colonizar predominantemente pelas características texturais (granulometria, por exemplo) e químicas, e menos por interações biológicas. Nessa escala, a grande maioria dos organismos, em especial, os invertebrados, tem comprimento menor que

0,5 mm e dificilmente estão enterrados a mais de 5 cm no sedimento, como resultado estima-se que 90-95% dos animais bentônicos encontram-se até essa profundidade dentro do substrato.

Em uma escala maior (metros) o padrão de distribuição vertical varia entre os ecossistemas e é o resultado da interação entre fatores ambientais e interações ecológicas. Em costões rochosos e recifes de coral e/ou outros tipos de substratos consolidados artificiais a zonação, distribuição dos organismos em faixas horizontais paralelas, é bem marcada e muito estudada em várias partes do mundo. A extensão de cada uma dessas zonas depende da inclinação e da hidrodinâmica do local, sendo mais estreitas em substratos íngremes e em locais protegidos, e mais larga em substratos com baixo declive e nas áreas mais expostas a ação das ondas e do vento.

No Brasil tropical e subtropical, o supralitoral dos costões rochosos é povoado por espécies vágeis que têm hábitos semiterrestres (**ex:** isópodos do gênero *Ligia* e gastrópodos do gênero *Littoridina*), sendo influenciadas pelos respingos de água decorrentes da quebra das ondas, e no limite inferior com a presença dos crustáceos sésseis do gênero *Chthamalus*. O limite de distribuição inferior desses crustáceos demarca o início do mediolitoral, o qual se estende até o surgimento de algas pardas do gênero *Sargassum*. É comum encontrar também formações de tubos de poliquetas sabelarídeos (*Phragmatopoma* sp.), cracas (*Tetraclita* e *Balanus*) e bivalves (*Brachidontes* e *Mytilus*). Nestas zonas encontram-se espécies vágeis como: o caranguejo-ermitão *Calcinus tibicen* e os caranguejos *Eriphia gonagra*, *Menippe nodifrons*, *Pachygrapsus transversus*. As espécies vágeis durante a maré baixa podem circular entre as zonas superiores e inferiores em busca de alimento ou até mesmo procurar abrigo contra a dessecação durante o dia. A partir da zona infralitoral ocorre uma diversificada flora e fauna (**ex:** esponjas diversificadas, anêmonas, estrelas-do-mar, holotúrias, ouriços-do-mar, entre outros) (Fig. 7.7). Levando em consideração esse padrão, percebe-se que o limite superior de distribuição dessas espécies

é determinado pela resistência das larvas e adultos à dessecação e elevadas temperaturas no supralitoral. Nas zonas inferiores o principal determinante da zonação são as interações biológicas (competição e predação). Assim, os padrões de distribuição das comunidades bentônicas de substratos consolidados tendem a ter seus limites superiores determinados pela fisiologia das espécies e o limite inferior pelas relações de competição inter e intra-específica.

Laborel (1970) descreveu a zonação vertical de ambientes recifais da costa de Pernambuco apontando as diferenças na composição das espécies de animais e algas entre tipos de recife, profundidade e posição em relação a costa (Fig. 7.8). Nos recifes de barreira a zonação compreende:

- a) Crista de algas pouco desenvolvida devido ao abrigo parcial trazido pela massa do platô contra as ondas de sudeste. Os intervalos entre ondulações de algas vermelhas coralinas são cobertos com uma capa de *Palythoa* e erodidos pelos *Echinometra*;
- b) Zona de *Millepora alcicornis*, formando uma faixa projetante entre o limite da maré baixa e 1 ou 2 m de profundidade;
- c) Zona com *Mussismilia harttii* em buquês de quase 1 m de diâmetro. As seguintes espécies são encontradas aqui: *Millepora braziliensis*, *Siderastrea "stellata"* e *Mussismilia hispida "tenuisepta"*;

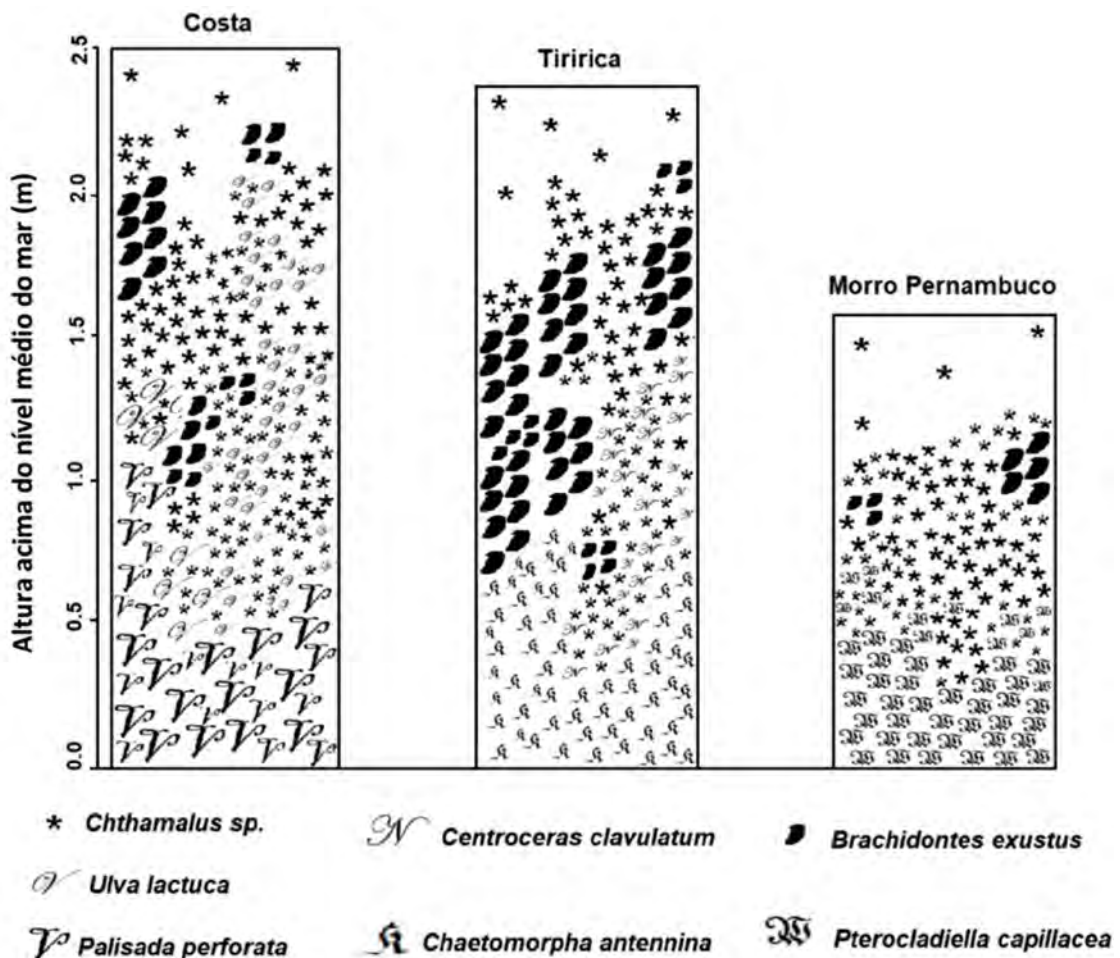


Figura 7.7 Zonação vertical dos costões rochosos do sul da Bahia. Segundo Santos (2020).

- d) Zona com colunas e cortinas de *Montastraea cavernosa* com quase 3 m de altura, com algumas *Mussismilia hispida* e *Siderastrea* em contato com o sedimento;
- e) Fundo, a 7 m, é arenoso-lamoso, com marcas de ondulação e uma pradaria de *Halophila [decipiens]*.

Nos pináculos coralíneos presentes na região protegida de alguns recifes a zonação é mais confusa (Fig. 7.9). O autor cita que ‘Miléporas’, *Siderastrea* e *Montastraea [cavernosa]*, são as espécies construtoras mais abundantes. Uma característica interessante destas últimas formações é a importância das *Mussismilia* spp.: *Mussismilia hispida* “*tenuisepta*” é abundante e com morfologia particular. Numerosos exemplares desta última espécie possuem centros calicinais conectados por “septos de vale” (“*lamellar linkage*” de autores

anglo-saxões). Aparentemente, é uma simples mudança fenotípica de origem desconhecida e anteriormente considerada típica de corais maciços do Indo-Pacífico e do gênero caribenho *Mycetophyllia* (que está ausente da costa brasileira). É curioso notar que essa grande variabilidade das populações de *Mussismilia hispida* é característica de localidades com recifes bem desenvolvidos. Por outro lado, aquelas de regiões sem recifes (Fernando de Noronha, Cabo Frio, Ilha Grande) ou ainda aquelas de zonas sub-recifais são constituídas de colônias com baixa variabilidade morfológica.

Ambos os padrões de zonação descritos por Labrel sofreram mudanças drásticas ao longo dos últimos 60 anos em função de vários fatores, tais como: aumento da atividade turística, urbanização, poluição por vinhoto proveniente das usinas de cana-de-açúcar e desmatamento da zona costeira. A combinação desses fatores levou ao aumento da

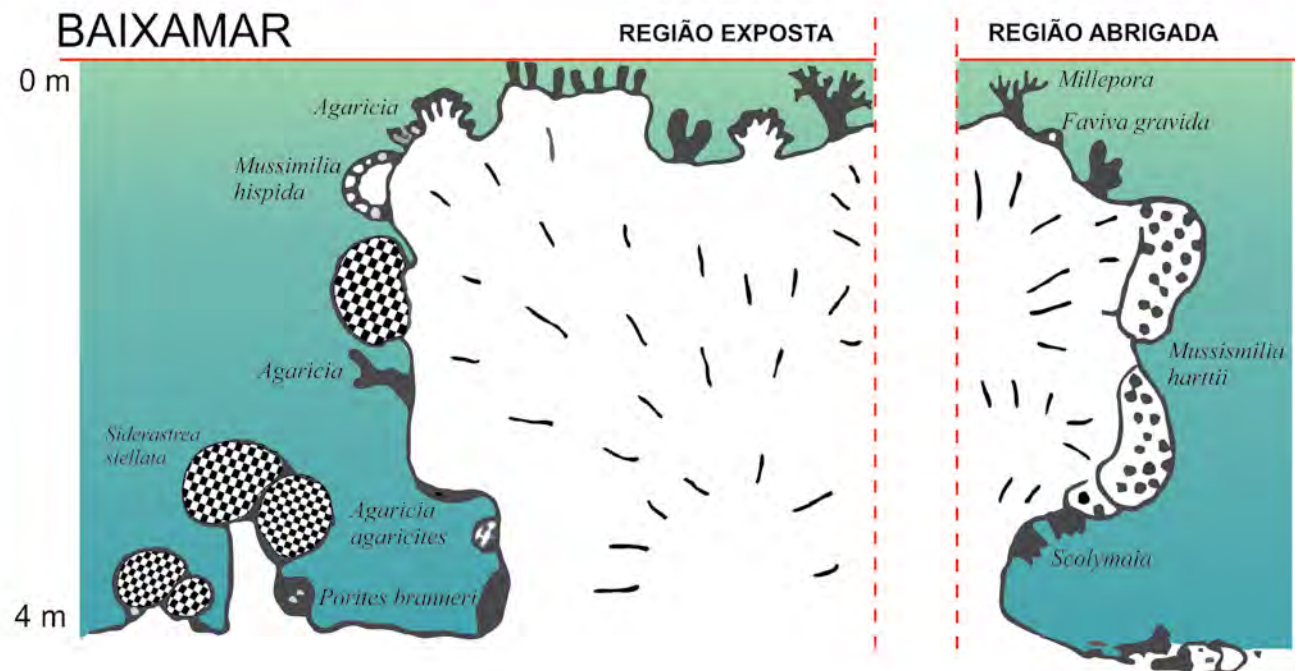


Figura 7.8 Zonação vertical da parte externa de um recife de Porto de Galinhas-PE. Adaptado de Labrel-Deguen et al. (2019).

erosão costeira e, conseqüentemente, o escoamento de água continental contaminada, carregando maiores quantidades de sedimentos em suspensão e matéria orgânica para o ambiente recifal. Com essas condições adversas, estudos recentes mostraram que as espécies de *Millepora* e *Mussismilia* estão reduzidas a 1% e 4%, respectivamente. A frente recifal é dominada por *M. alcornis*, *M. harttii* e *M. cavernosa* (espécie dominante), enquanto que o platô recifal passou a ser dominado pelos zoantídeos (*Palythoa caribaeorum* e *Zoanthus sociatus*) e macroalgas, com ocorrências de *Siderastrea stellata* e *Favia grävada*. Além dessas, densas colônias de *Carijoo riisei* são encontrados na borda recifal, espécie exótica originária do Indo-Pacífico, registrado por Laborel apenas para Abrolhos.

Em manguezais, como do Rio Paripe – Ilha de Itamaracá-PE, substratos consolidados são escassos, exceto pelos troncos e ramos de *Rhizophora mangle* e *Avicennia schaueriana*, além deles ocasionalmente são representados por rochas, substratos artificiais

(píeres ou colunas de sustentação de pontes) ou superfície de outros animais que são colonizados por uma macrofauna diversificada em zonas bem definidas (Figs. 7.10, 7.11). O limite superior do supralitoral foi marcado pelo nível máximo de ocorrência dos gastrópodos *Vitta* spp., e inferior pela marca da preamar máxima ou pelo nível máximo de distribuição das cracas *Euraphia rhizophorae*. O mediolitoral caracterizou-se na região superior pela presença das cracas (*Euraphia rhizophorae*, *Chthamalus bisinuatus* e *C. proteus*) e na região inferior pela distribuição das cracas *Amphibalanus amphitrite* e *Balanus improvisus* e pelos bivalves *Crassostrea rhizophorae* e *Brachidontes exustus*. Crustáceos isópodos podem ser encontrados em galerias nas madeiras vivas (raiz de mangue) ou mortas, com preferência pelas extremidades das raízes de *Rhizophora mangle*. Além desses, caranguejos braquiúros (Xanthidae) e porcelanídeos são observados habitando fundos rochosos. No infralitoral ocorrem afloramentos rochosos permanentemente submersos durante a baixa-mar.



**Figura 7.9** Zonização vertical de um pináculo coralíneo de Porto de Galinhas-PE. O mar está a esquerda. **Adaptado** de Laborel-Deguen et al. (2019).

São encontrados esporos (**ex:** *Cliona* sp., *Tedania ignis*); *Crassostrea rhizophorae*, *Neoteredo reynei* (em madeira) e cracas Balanidae. Nessa zona, é possível observar forte epibiose, o que demonstra a grande competição por espaço nos substratos consolidados disponíveis nesse ecossistema, sendo ele aparentemente um fator limitante para distribuição dessas espécies.

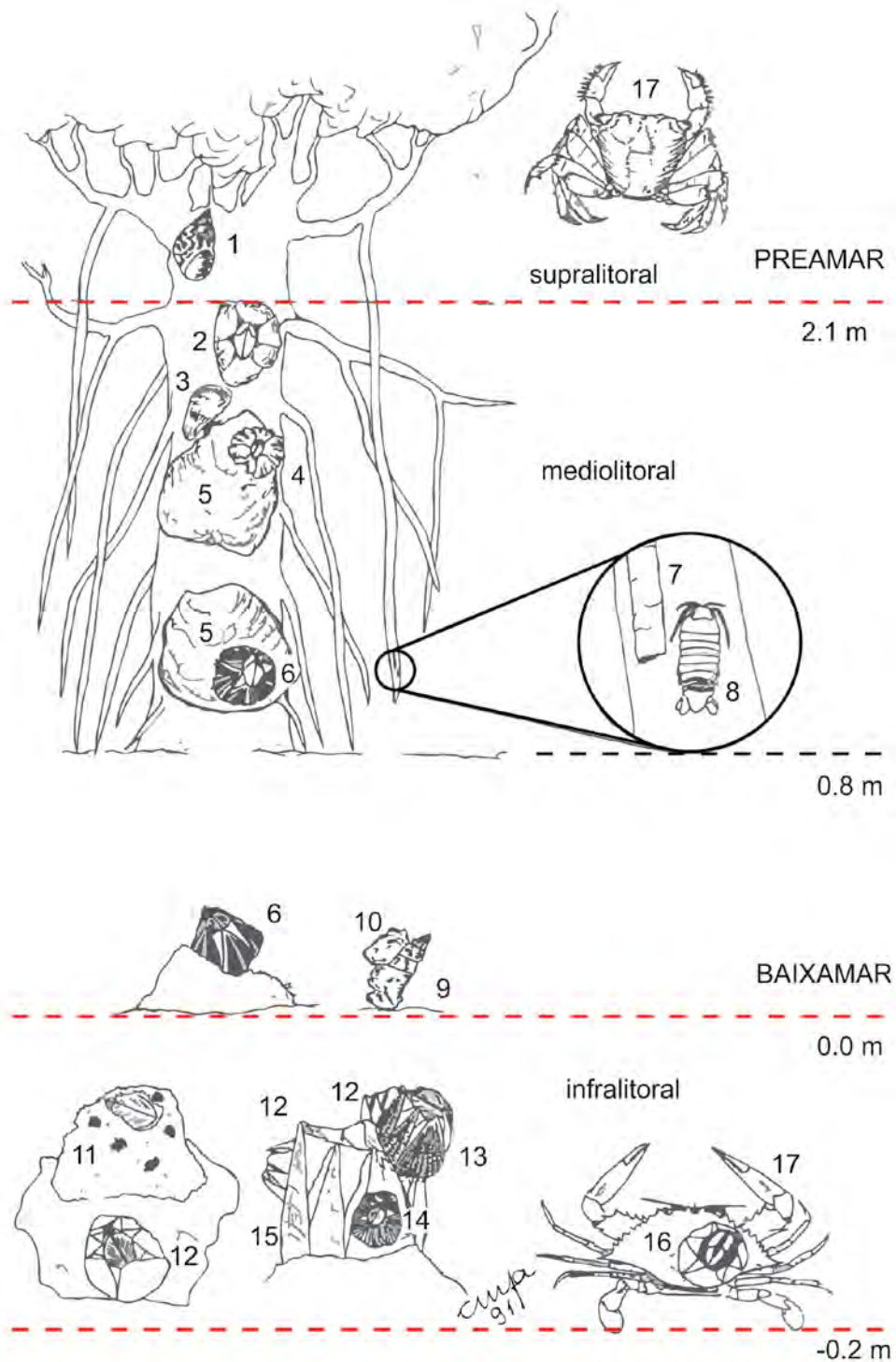
Neste mesmo estuário, o padrão de distribuição vertical da macrofauna bentônica de fundos inconsolidados (Fig. 7.12) é caracterizado por apresentar o supralitoral geralmente estreito (2,00-2,60 m), com limite superior marcado pela presença das plantas terrestres, e o inferior pelo limite do desaparecimento das plântulas de *Laguncularia racemosa*, ou pela presença da “linha-de-deixa”. Nesta zona encontram-se tocas dos caranguejos *Cardisoma guanhumi* e *Minuca rapax* em seu limite superior e inferior, até o início do mediolitoral são comuns as tocas do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*). A composição das espécies pode mudar com o grau de sombreamento e tipo de sedimento. Nas áreas sombreadas e arenosas ocorrem espécies vágeis tais como: o aratu *Goniopsis cruentata* e o gastrópodo *Melampus coffeus*. A zona de mediolitoral (2,70 a 4,50 m) é habitada por espécies de caranguejos *Eurytium limosum*, *Panopeus occidentalis*, *Hexapanopeus paulensis* e *Goniopsis cruentata*; e de gastrópodos *Vitta virginea*. Nas áreas lamosas ocorrem *Leptuca cumulanta*, *L. thayeri* e *Ucides cordatus* e o gastrópodo *V. zebra*. Nas áreas não sombreadas e em sedimentos lamosos são observados caranguejos-ermitões *Clibanarius antillensis*, *C. sclopetarius* e *C. vittatus*, e o chama-maré *Uca maracoani*. Já nos sedimentos arenosos *L. leptodactyla* e os gastrópodos *Cerithium atratum*, *Stramonita rustica* e *Phrontis vibex*. Como representantes da infauna é comum observar bivalves escavadores *Tagelus plebeius*, *Chione cancellata* e *Anomalocardia flexuosa*, em sedimentos lamosos e areno-lamosos. A zona infralitoral é marcada pela presença de prados de angiospermas marinhas (**ex:** *Halodule wrightii*) onde são encontrados em grande abundância o

gastrópodo *Vitta virginia* e os caranguejos-ermitões *Clibanarius antillensis*, *C. sclopetarius* e *C. vittatus*, os siris *Callinectes danae* e *C. exasperatus*, e as estrelas-do-mar *Echinaster brasiliensis* e *Luidia senegalensis*. A infauna compreende poliquetas tubícolas *Chaetopterus* sp. e *Diopatra* sp., bivalves *Phacoides pectinatus*, *Eurytellina lineata*, *Iphigenia brasiliensis*, *T. plebeius* e *A. flexuosa*, todos em sedimentos areno-lamosos. Em areia grossa é possível encontrar anfioxos do gênero *Branchiostoma* sp., em lama fluida o estomatópodo *Cloridopsis dubia*, os camarões-de-estalo *Alpheus estuariensis* e *Salmones* sp., bem como o caranguejo *Cyrtoplax spinidentata* (Benedict) e o talassinídeo *Axianassa australis*.

Em larga escala (quilômetros) os organismos bentônicos exibem padrões de distribuição relacionados as variações típicas dos fatores abióticos da zona eufótica (plataforma continental e talude superior) e zona afótica (zonas batial, abissal e hadal). De uma forma geral, a biomassa total e o número de indivíduos do bentos é muito superior em regiões rasas dos oceanos, ambientes marcados pela entrada de nutrientes oriundos do continente e altas taxas de luminosidade. Estima-se que 25-60% da produção primária dessas áreas cheguem ao substrato. Esses valores diminuem drasticamente com a profundidade em direção ao mar profundo, onde apenas 1-10% da produção superficial alcança o fundo (Fig. 7.13).

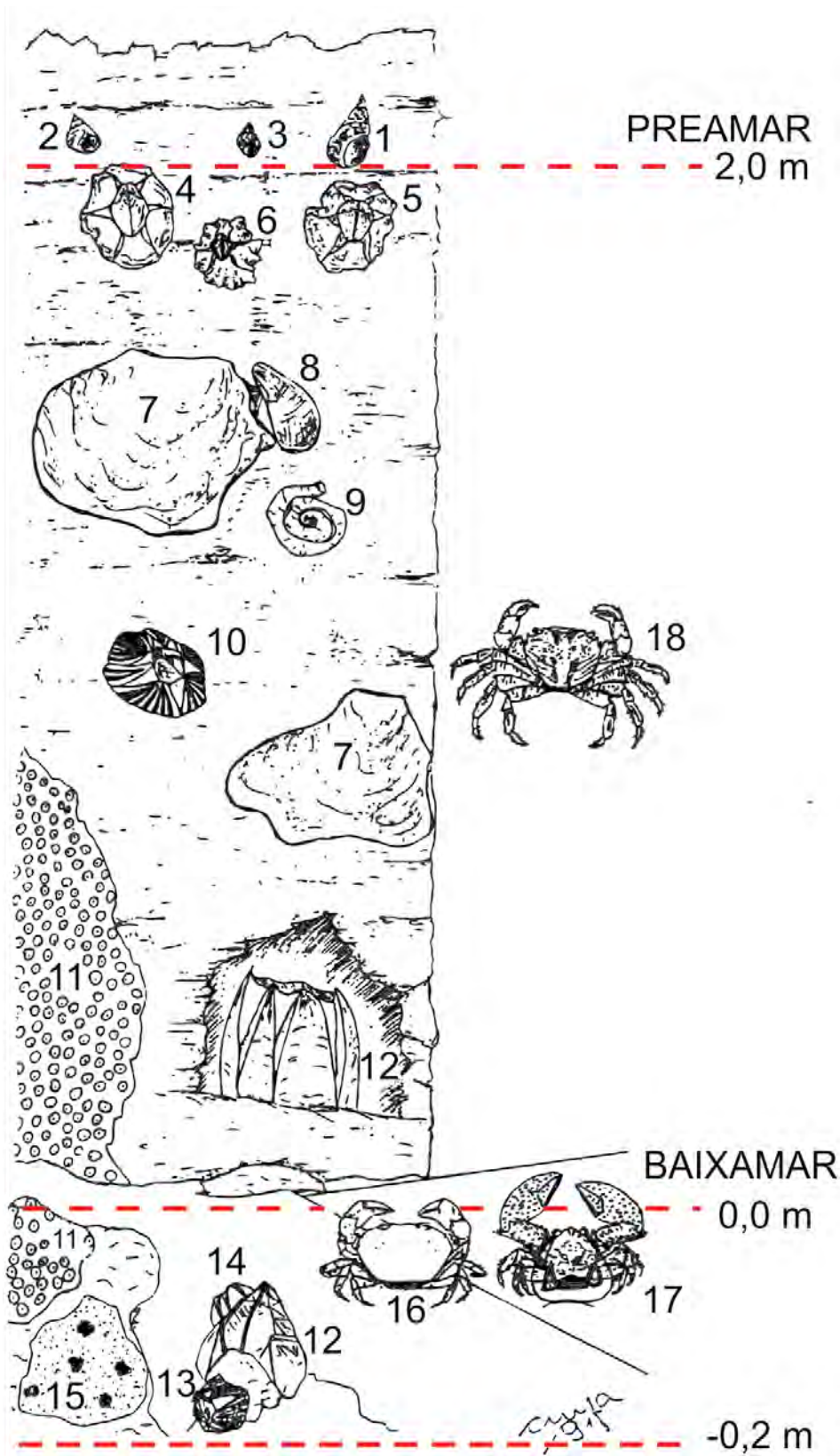
Alguns locais exibem alta produção primária em função de eventos de ressurgências costeiras, que trazem para a zona eufótica águas frias ricas em oxigênio e nutrientes, o que não é o caso da maior parte da costa brasileira, com exceção de Cabo Frio-RJ. No Nordeste do Brasil, ressurgências orográficas ocorrem nos montes submarinos, porém sem atingir a superfície, dessa forma tendem tornar a termoclina mais rasa e aumentar a produção em sua base (Ver capítulo: [Introdução à oceanografia pesqueira](#)). A influência dessa produção no bentos ainda é pouco compreendida para localidades onde ocorrem esses fenômenos.



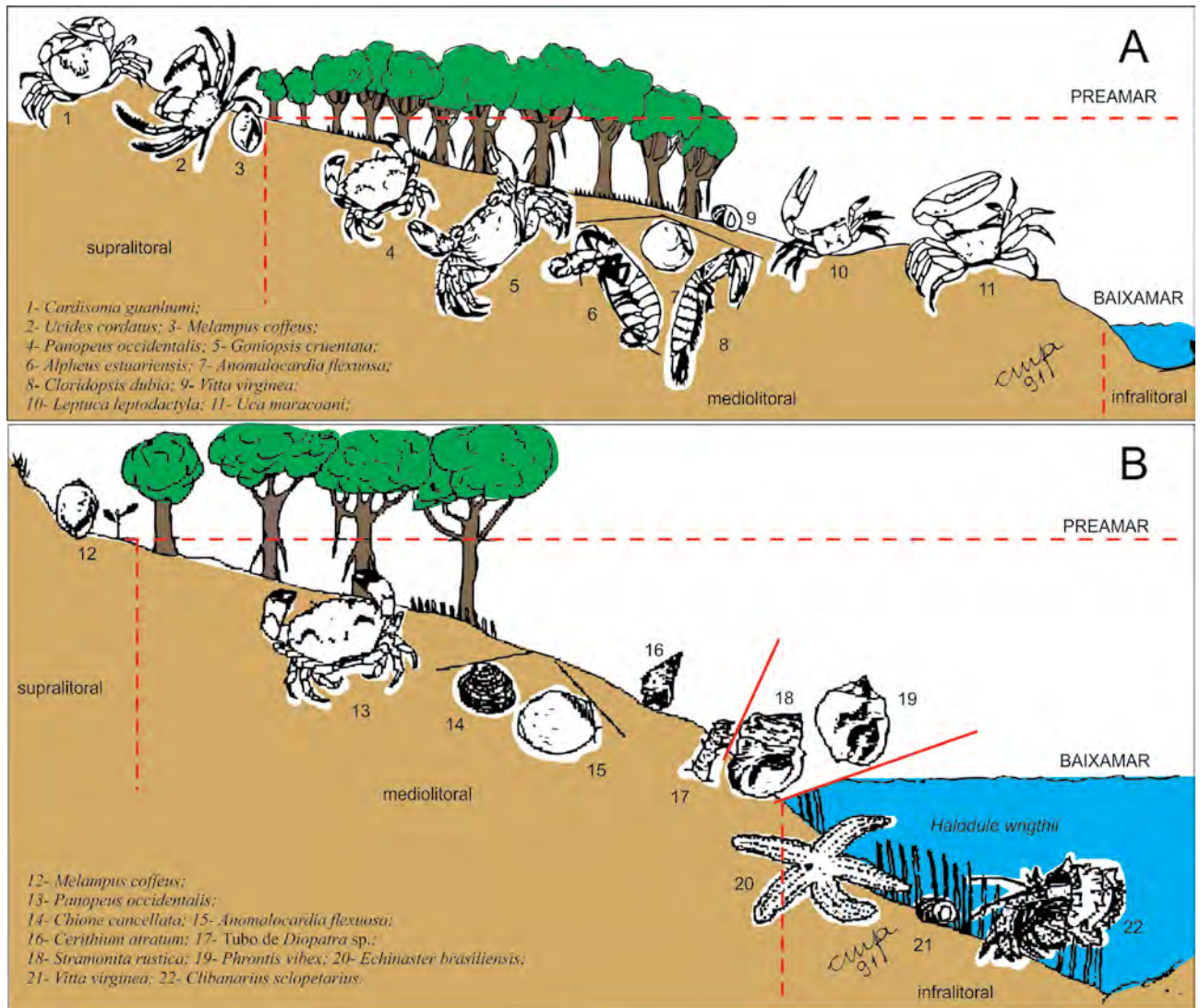


**Figura 7.10** Esquema da zonização da fauna bentônica de fundos consolidados (árvores de mangue, rochas soltas e epibiose) do Estuário do Rio Paripe, Ilha de Itamaracá-PE, (espécies não desenhadas nas mesmas proporções). **Adaptado** de Farrapeira et al. (2000).

**1)** *Littoraria angulifera*; **2)** *Euraphia rhizophorae*; **3)** *Brachidontes exustus*; **4)** *Chthamalus proteus*; **5)** *Crassostrea rhizophorae*; **6)** *Balanus amphitrite*; **7)** *Neoteredo reynei*; **8)** *Sphaeroma terebrans*; **9)** *Cerithium atratum*; **10)** *Ostrea equestris*; **11)** *Tedania ignis*; **12)** *Balanus improvisus*; **13)** *Balanus reticulatus*; **14)** *Balanus venustus*; **15)** *Chirona amaryllis*; **16)** *Chelonibia patula*; **17)** *Callinectes exasperatus*; **18)** *Aratus pisonii*. **Adaptado** de Farrapeira et al. (2000).



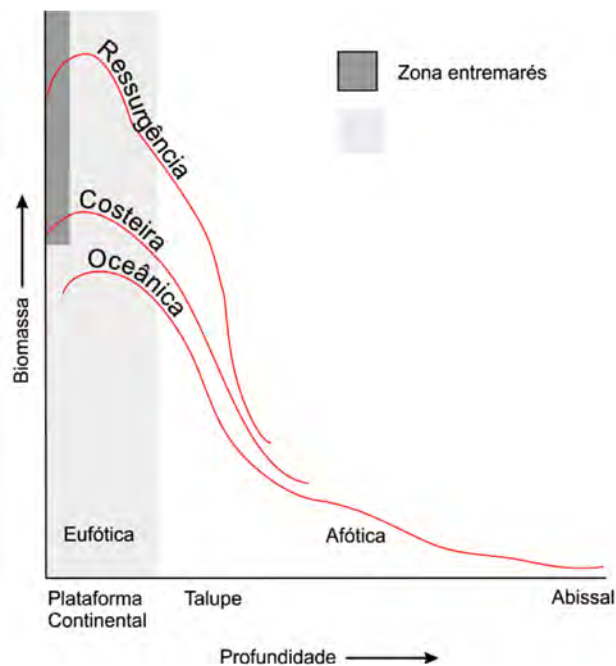
**Figura 7.11** Esquema da zonagem da fauna bentônica de fundos consolidados do Estuário do Rio Paripe, Ilha de Itamaracá-PE (píer e rochas soltas, espécies não desenhadas nas mesmas proporções). Adaptado de Farrapeira et al. (2000).



**Figura 7.12** Esquema da zonização da fauna bentônica de fundos inconsolidados do Estuário do Rio Paripe, Ilha de Itamaracá-PE, considerando dois transectos **A)**, **B)** com cobertura vegetal e tipos de sedimentos (espécies não desenhadas nas mesmas proporções). **Adaptado** de Coelho-Filho et al. (2000).

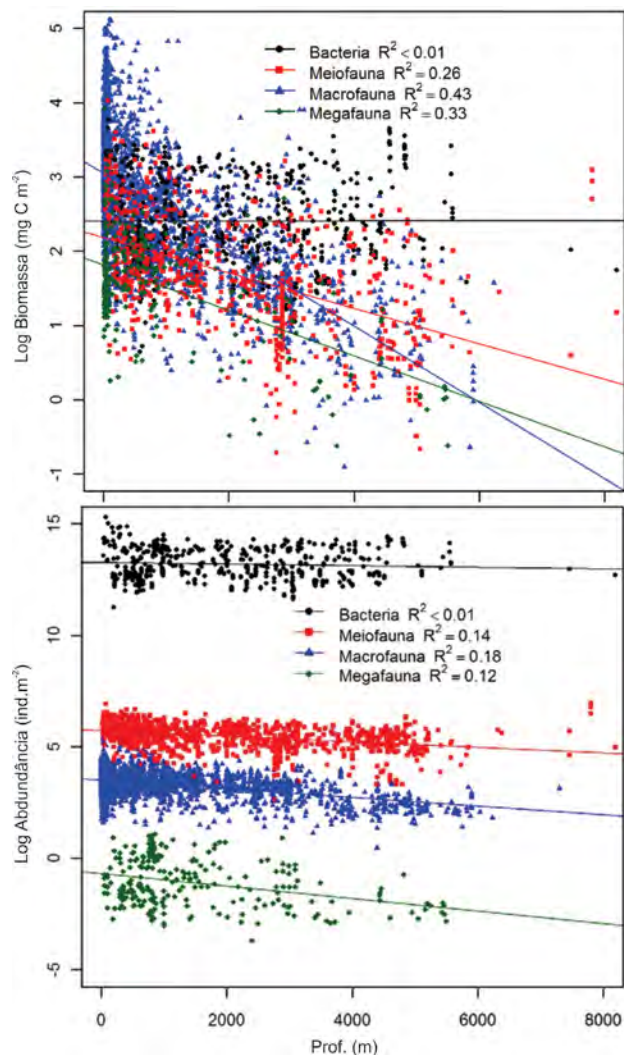
Quando analisamos os padrões de distribuição de biomassa e número total de indivíduos por classe de tamanho (Fig. 7.14), observamos que os animais da megafauna apresentam um grande declínio de abundância com a profundidade, enquanto o microbentos (bactéria) não apresenta grandes variações. A biomassa da macrofauna é superada pela da meiofauna em grandes profundidades (planície abissal). A abundância da mega, macro e meiofauna apresenta uma tendência quase que

uniforme de declínio em direção as zonas abissais, em especial abaixo de regiões com águas superficiais oligotróficas. Maiores abundâncias podem ser observadas em fossas abissais e ou vales submarinos, relativamente próximas aos continentes, os quais servem como locais de concentração de sedimentos e detritos vindos das regiões mais rasas (plataforma continental), aumentando consideravelmente a biomassa das comunidades que vivem nesses ambientes.



**Figura 7.13** Modelo conceitual da distribuição da biomassa da macrofauna bentônica em função da profundidade desde as regiões costeiras, incluindo regiões com ressurgências.

**Adaptado** de Pearson e Rosemberg, 1987 in Gage (2009).



**Figura 7.14** Padrão de distribuição batimétrico da Biomassa (B) e abundância (b) em função da profundidade de bactéria, meiofauna, macrofauna e megafauna. **Adaptado** de Wei et al. (2010).

## REFERÊNCIAS

ARMONIES, W. **Uncharted biodiversity in the marine benthos: the void of the smallish with description of ten new Platyhelminth taxa from the well-studied North Sea.** *Helgoland Marine Research*, v. 72, n. 18, p. 1-29, 2018. <https://doi.org/10.1186/s10152-018-0520-8>

COELHO-FILHO, P. A.; COELHO-SANTOS, M. A.; FARRAPEIRA, C. M. R. **Zonação vertical da macrofauna bêntica de substratos inconsolidados do estuário do Rio Paripe (Itamaracá-Pernambuco).** IN: MANGROVE 2000; Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas, Recife, 2000. Trabalhos completos...(CD-Rom) Recife: UFRPE, 2000. 9p.

COELHO-FILHO, P. A.; FREITAS, T. C. A. **Macrozoobentos da plataforma continental externa e bancos oceânicos do nordeste do Brasil, recolhidos durante a primavera de 2000 pelo programa REVIZEE (Comissão NE IV).** *Tropical Oceanography*, v. 32, n. 2, p.201-218, 2004.

COELHO, P. A.; KOENING, M. L.; RAMOS, M. **A macrofauna bêntica dos estuários de Pernambuco e da Paraíba.** In: Congresso latinoamericano de zoologia, 4., Caracas, 1968. Actas Caracas, Faculdade de Ciências, p. 497-529, 1970.

- COELHO, P. A. **Os Crustáceos Decápodos de alguns manguezais pernambucanos**. Trabalhos Instituto Oceanográfico da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v. 7/8, p. 71-90, 1967.
- COELHO, P. A.; RAMOS-PORTO, M. **Bentos litorâneo do Nordeste oriental do Brasil. I**. Povoamentos dos substratos móveis. Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo, v. 29, n. 2, p. 129-131, 1980a.
- COELHO, P. A.; RAMOS-PORTO, M. **Bentos litorâneo do Nordeste oriental do Brasil. II**. Povoamentos dos substratos duros. Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo, v. 29, n. 2, p.133-134, 1980b.
- COELHO, P. A.; TENÓRIO, D. O.; RAMOS-PORTO, M.; L.S. ROSA. A fauna bêntica do Estado de Pernambuco. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA M. F. (Eds). **Oceanografia: um cenário tropical**. Recife: Edições Bagaço, p. 477-527, 2004.
- DOBSON, M.; FRID, C. **Ecology of aquatic systems**. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- FARRAPEIRA, C. M.; COELHO-FILHO, P. A.; SANTOS, M. A. **Zonação vertical da macrofauna bêntica de substratos consolidados do estuário do Rio Paripe (Itamaracá-PE)**. IN: MANGROVE 2000; Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas, Recife, 2000. Trabalhos completos... (CD-Rom) Recife: UFRPE, 2000. 9p.
- GAGE, J. D.; TYLER, P. A. **Deep-Sea Biology: A Natural History of Organisms at the Deep-Sea Floor**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- GAGE, J. D. **Macrobentos**. In: STEELE, J. H. **Encyclopedia of Ocean Sciences: Marine biology**. London: Academic Press, 2009.
- GOODAY, A. J. **Benthic Foraminifera**. In: STEELE, John. H. **Encyclopedia of Ocean Sciences: Marine biology**. London: Academic Press, 2009.
- GRAY, J. S.; ELLIOTT, M. **The Ecology of Marine Sediments**. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; KEEN, S. L.; et al. **Integrated Principles of Zoology**. 16<sup>o</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. ISBN: 978-0-07-352421-4
- KAISER, M. J. **Marine Ecology: Processes, systems, and impacts**. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- KEMPF, M. **Notes on the benthic bionomy of the N-NE Brazilian shelf**. Marine Biology, v.5, n. 3, p.213-224, 1970.
- KINGSTON, P.F. **Benthic marine orverview**. IN: STEELE, J. H. **Encyclopedia of Ocean Sciences: Marine biology**. London, Academic Press. p. 123-131, 2009.
- LABOREL, J. **Les peuplements de madréporaires des côtes tropicales du Brésil**. Annales de l'Université d'Abidjan (Ecologie) 2(3), 1970. 260 p
- LABOREL-DEGUEN, F.; CASTRO, C. B.; NUNES, F. L. D.; PIRES, D. O. **Recifes brasileiros: o legado**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2019.
- LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. **Biological oceanography: an introduction**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012.
- LEVINTON, J. S. **Marine biology: Function, biodiversity, ecology**. New York, NY (USA): Oxford University Press, inc., 1995.
- NYBAKKEN, J. W.; BERTNESS, M. D. **Marine biology: an ecological approach**. San Francisco: Pearson/Benjamin Cummings. 2009.
- PÉRÈS, J. **Les biocoenoses benthiques dans le système phytal**. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume-Marseille. Université d'Aix-Marseille. n. 42, p. 1-113, 1967.
- PÉRÈS, J. **Océanographie biologique et biologie marine**. I. La vie benthique. Paris, 1961.
- PÉRÈS, J.; PICARD, J. **Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume-Marseille**. Université d'Aix-Marseille, Marseille, v. 31, n. 47 pp.1-137, 1964.
- REX, M. A.; ETTER, R. J.; MORRIS, J. S.; CROUSEL, J. M.; CRAIG, R.; JOHNSON, N. A.; STUART, C. T.; DEMING, J. W.; THIES, R.; AVERY, R. **Global bathymetric patterns of standing stock and body size in the deep-sea benthos**. Marine Ecology Progress Series. V. 317, p. 1-8, 2006.
- SANDERS, H. L. **Marine benthic diversity: a comparative study**. American Naturalist. v. 102, pp. 243-282, 1968.
- SANTOS, E. C. **Varição espaço-temporal da estrutura das comunidades macrobentônicas em costões rochosos tropicais (Bahia – Brasil)**. 132 f. Tese (Doutorado em Oceanografia), Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2020.
- SILVA, E. G. **Padrões de diversidade e distribuição espacial da macrofauna bentônica e bioclasto da plataforma continental do litoral sul de Pernambuco, Brasil**. 2018. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/32766>
- SNELGROVE, P. V.R.; GRASSLE, J. F. **Deep Sea Fauna**. IN: STEELE, J. H. **Encyclopedia of Ocean Sciences: Marine biology**. London: Academic Press. p. 176-187, 2009.
- WEI, C; ROWE, G. T.; ESCOBAR-BRIONES, E.; BOETIUS, A.; SOLTWEDEL, T.; CALEY, M. J. et al. **Global Patterns and Predictions of Seafloor Biomass Using Random Forests**. PLoS One, v.5, n. 12, pp. 0015323, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015323>

# ELASMOBRÂNQUIOS MARINHOS DO NORDESTE BRASILEIRO

8

Natalia Priscila Alves BEZERRA<sup>1</sup>  
Ana Rita Onodera Palmeira NUNES<sup>2</sup>  
Danielle de Lima VIANA<sup>1</sup>  
Ilka Siqueira Lima Branco NUNES<sup>1</sup>  
Mariana Gomes do RÊGO<sup>1</sup>  
Pollyana Christine Gomes ROQUE<sup>1</sup>  
Fábio Hissa Vieira HAZIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco  
- UFRPE

<sup>2</sup> Universidade Federal do Maranhão - UFMA



## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Os condrictes, ou peixes cartilagosos, são um dos grupos de vertebrados mais antigos vivendo atualmente no planeta, tendo sobrevivido a extinções em massa nos últimos 400 milhões de anos (Camhi et al., 2008; Grogan et al., 2012). Esta classe, que abrange os elasmobrânquios, constituídos por tubarões e raias, e os holocéfalos, do qual fazem parte as quimeras, é um dos grupos de peixes com maior sucesso evolutivo. Existem atualmente 1.188 espécies de condrictes descritas no mundo, distribuídos em 16 ordens, 61 famílias e 199 gêneros. O grupo das raias apresenta a maior riqueza de espécies (630), seguido pelo dos tubarões (509) e quimeras (49) (Weigmann, 2016), embora esses números sejam constantemente atualizados, em razão da descoberta de espécies novas e/ou da reorganização dos grupos realizadas periodicamente por taxonomistas e geneticistas.

Os elasmobrânquios ocupam uma grande variedade de habitats, incluindo águas tropicais, subtropicais, temperadas, frias, rasas e profundas, em ambientes fluviais, estuarinos e marinhos, costeiros e oceânicos, pelágicos e demersais (Gruber, 1991; Compagno et al., 2005; Stevens, 2010). Os tubarões desempenham um importante papel no ambiente marinho, estando entre os principais reguladores da transferência de energia entre os diferentes elos da cadeia alimentar, em razão de serem predadores de topo, ocupando níveis tróficos similares ao dos

mamíferos marinhos (Wetherbee et al., 2012). O declínio de suas populações, portanto, pode influenciar negativamente todos os níveis tróficos inferiores, em razão do efeito cascata, podendo comprometer gravemente a saúde dos ecossistemas marinhos (Ruiz et al., 2016). Além disso, de modo geral, os tubarões e raias são *K-estrategistas*, apresentando crescimento lento, maturação tardia, alta longevidade e baixa fecundidade (Stevens et al., 2000; Stevens, 2010), características biológicas que os tornam mais vulneráveis à sobrepesca do que os peixes teleósteos.

Algumas espécies têm registrado reduções de mais de 90% em suas taxas de captura nas décadas passadas, com cerca de um terço dos tubarões oceânicos encontrando-se atualmente ameaçados de extinção, segundo a União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN- *International Union for Conservation of Nature* - [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)). O real impacto da pesca para os grandes predadores oceânicos, como raias e tubarões, que vem se intensificando sobremaneira ao longo dos anos, entretanto, é ainda pouco conhecido, principalmente em razão da carência de dados que dificulta uma avaliação adequada sobre a condição de conservação dessas espécies. Consensualmente, porém, é sabido que várias das populações de tubarões afetadas pela pesca em todo mundo já se encontram sobrepescadas. O Brasil é um

dos países com capturas anuais relevantes de tubarões, além de ser um importante mercado consumidor, com uma das mais rápidas taxas de expansão do consumo (Barreto et al., 2015; Dent & Clarke, 2015). No último levantamento disponível, realizado em 2014, havia 165 espécies de condrictes marinhos descritos no Brasil (Rosa & Gadig, 2014), muitas das quais submetidas a uma forte pressão pesqueira, sendo capturadas tanto como alvo da pesca, ou incidentalmente, como fauna acompanhante nas pescarias (Barreto et al., 2015). Da mesma forma que em grande parte do mundo, a carência de dados sobre as capturas de elasmobrânquios no Brasil constitui um dos maiores entraves para a sua conservação. No Nordeste do Brasil, em particular, a quase que completa ausência de monitoramento da atividade pesqueira, especialmente da frota artesanal, compromete seriamente a avaliação dos montantes capturados, suscitando uma crescente preocupação com a conservação das populações de elasmobrânquios presentes nessa região.

No presente capítulo buscamos fazer uma compilação das informações disponíveis na literatura científica sobre a fauna de elasmobrânquios marinhos do Brasil, com foco na região Nordeste, incluindo aspectos relacionados à sua diversidade, distribuição e vulnerabilidade em águas costeiras e oceânicas, incluindo ecossistemas insulares presentes na região. Além disso, foi realizado, também, um levantamento do acervo bibliográfico de dissertações e teses, no intuito de quantificar e categorizar a produção científica voltada para a pesquisa de elasmobrânquios na costa nordestina. A expectativa é de que as informações disponibilizadas contribuam para a conservação dos elasmobrânquios presentes na costa Nordeste do Brasil.

## 2. DIVERSIDADE DE TUBARÕES E RAIAS NA REGIÃO NORDESTE

### 2.1. Descrição dos aspectos gerais de tubarões e raias

O litoral nordestino apresenta uma extensão de aproximadamente 3.400 km de linha de costa, com uma ampla variedade de ambientes característicos da região, sendo marcado por praias de águas quentes, estuários, manguezais, restingas, dunas, falésias, deltas, ilhas costeiras e oceânicas, entre outras feições, com dinâmicas específicas e vulnerabilidades diferenciadas. A heterogeneidade dos habitats proporcionam ambientes favoráveis para uma grande diversidade das espécies de elasmobrânquios na região. Embora o grupo dos tubarões seja estigmatizado por serem predadores de grande porte e ocasionalmente acontecerem incidentes com humanos, em encontros casuais ou provocados, a maioria das espécies de elasmobrânquios são de pequeno porte, com tamanhos inferiores a um metro de comprimento total. Nas águas do Nordeste brasileiro são registradas as ocorrências de espécies com aspectos morfológicos bastante distintos, desde a presença do tubarão-baleia (*Rhincodon typus*), que pode alcançar até 20 m de comprimento, até o tubarão-charuto (*Isistius brasiliensis*), uma das menores espécies de tubarão existentes no planeta, cujo comprimento total não ultrapassa os 60 cm. Em contraponto ao seu tamanho, o tubarão-charuto apresenta uma grande voracidade alimentar, arrancando pedaços circulares no corpo de suas presas de maiores dimensões, enquanto o tubarão-baleia é um animal que se alimenta de pequenos organismos presentes no plâncton, através de mecanismos de filtração (Lessa et al., 1999).

Comprovadamente, o litoral nordestino faz parte da longa jornada migratória de algumas espécies de tubarões pelágicos a exemplo dos tubarões-baleia, galha-branca-oceânico (*Carcharhinus longimanus*), azul (*Prionace glauca*) e tigre (*Galeocerdo cuvier*)



(Fig. 8.1A) (Carvalho et al., 2015; Tolotti et al., 2015; Afonso et al., 2017). O conhecimento sobre as migrações sazonais realizadas por essas espécies, que possuem a capacidade de se adaptar a diferentes condições oceanográficas, é imprescindível para elucidar a escolha e o uso dos seus habitats preferenciais ao largo da costa brasileira. Curiosamente, o tubarão-cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*), uma das espécies associadas aos incidentes com seres humanos nas praias de Pernambuco, mesmo vivendo predominantemente no ambiente marinho, é capaz de adentrar por quilômetros em rios ou estuários, que utilizam como zonas de parto e berçários (**ex:** Rio Mearim, estado do Maranhão) (Feitosa & Nunes, 2020). Para algumas espécies de menor porte, a migração torna-se mais difícil. Em decorrência do seu pequeno tamanho, que impede dispersões por longas distâncias, essas espécies tendem a se manter durante boa parte do seu ciclo de vida em regiões geograficamente limitadas, sendo assim consideradas como espécies “residentes” (Abel & Grubbs, 2020). Espécies bentônicas, com comportamento sedentário e que possuem uma alta fidelidade ao local onde habitam, contudo, não são necessariamente de menor tamanho, a exemplo do tubarão-lixo (*Ginglymostoma cirratum*) (Fig. 8.1B), que pode atingir até 4 m de comprimento. Essa espécie é comumente avistada durante os censos visuais subaquáticos em áreas abrigadas de recifes naturais e artificiais (naufrágios), vivendo solitários ou em grupos, sendo uma das mais abundantes no litoral nordestino.

As raias se diferenciam dos tubarões devido, principalmente, à sua forma. Enquanto os tubarões apresentam corpo fusiforme, em forma de torpedo, as raias são achatadas dorso-ventralmente, ou seja, são mais planas, com as nadadeiras peitorais fundidas ao contorno da cabeça, formando uma estrutura semelhante a um disco. Anatomicamente, os tubarões possuem fendas branquiais laterais (5 a 7 pares), e nas raias, essas estruturas estão localizadas na parte ventral à cabeça (6 a 7 pares). Analogamente aos tubarões, as raias também

apresentam uma grande diversidade de espécies, com formas, tamanhos e fisiologias bastante distintas (Figueiredo, 1977).

Em relação às raias, espécies da ordem Torpediniformes, são comuns em águas da costa nordeste do Brasil, destacando-se por possuírem órgãos elétricos capazes de paralisar suas presas ou até mesmo levá-las à morte (Last et al., 2016). Já a raia manta ou manta gigante (*Mobula birostris*), também presente na costa nordestina, é a maior espécie de raia do mundo, podendo chegar a medir até 7 m de largura do disco (medido da ponta de uma nadadeira peitoral à outra). Assim como outras espécies do gênero *Mobula*, por ser uma espécie altamente migradora capaz de realizar deslocamentos transoceânicos, a raia manta apresenta uma sazonalidade de ocorrência e abundância na costa nordestina bem marcada. Por outro lado, existem espécies que realizam movimentos mais restritos, cujos habitats são associados aos ambientes recifais, como as raias prego (*Hypanus berthaltutzae*) (Fig. 8.1C e D), pintada (*Aetobatus narinari*) (Fig. 8.1E e F) e a espécie endêmica do nordeste, a raia mariquita (*Hypanus marianae*) (Fig. 8.1G). Já outras espécies, a exemplo da raia-bicuda (*Hypanus guttatus*) (Fig. 8.1H), costumam habitar os ambientes estuarinos da região (Gomes et al., 2000; Moro et al., 2018).

Em termos de biodiversidade, as ordens Carcharhiniformes, Squaliformes, Lamniformes, Orectolobiformes, e Hexanchiformes, entre os tubarões, e Torpediniformes, Rhinopristiformes, Myliobatiformes e Rajiformes, entre as raias, são as que apresentam o maior número de espécies na região (Fig. 8.2). Apesar da diversidade e importância ecológica dos elasmobrânquios, o seu comportamento e história de vida ainda permanecem pouco conhecidos, devido, principalmente, às dificuldades relacionadas à coleta de dados e/ou observação desses animais em seus habitats naturais. Por essa razão, a maior parte do conhecimento mundial disponível na literatura sobre os elasmobrânquios reporta informações

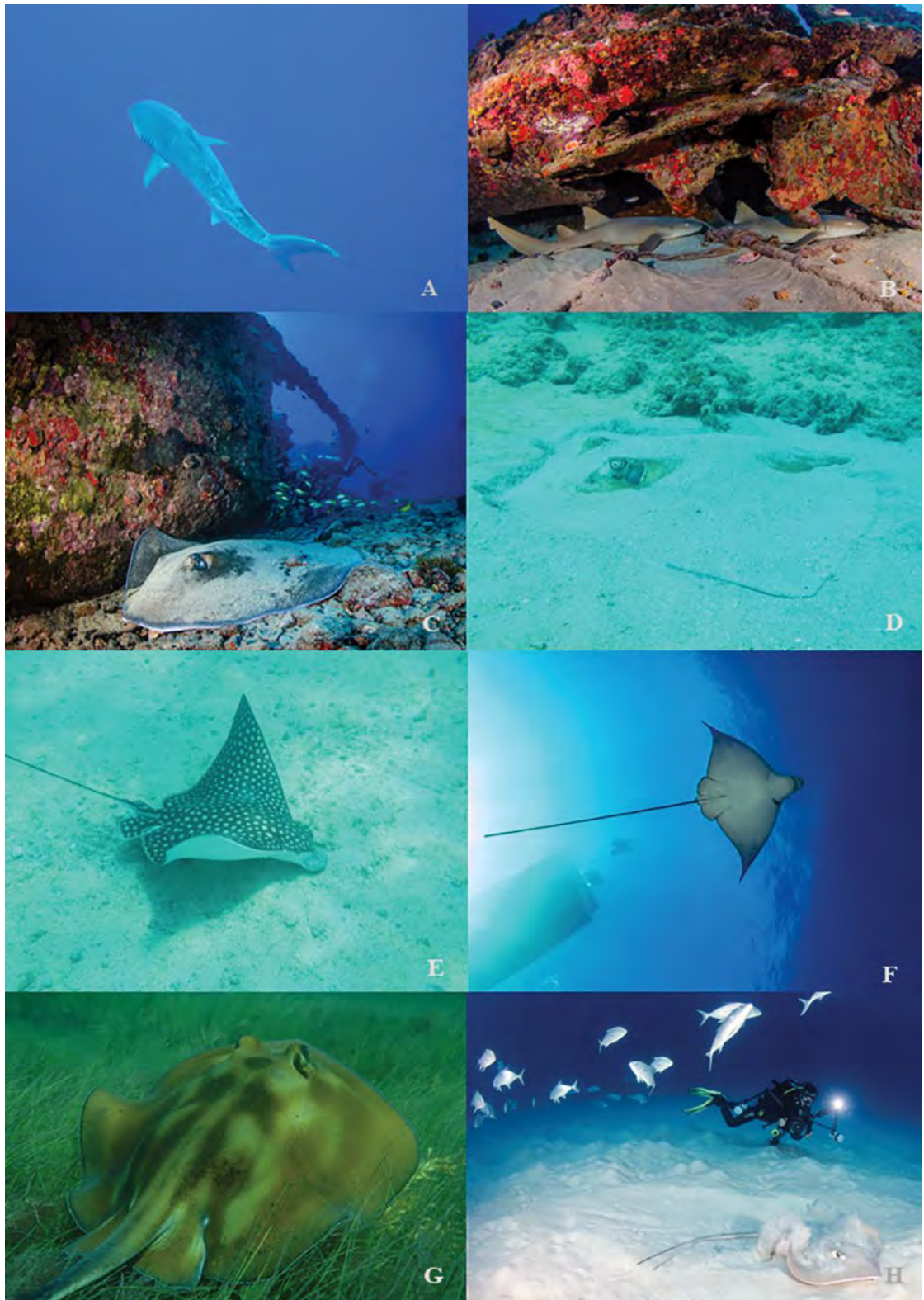
relacionadas à biologia básica das espécies, especialmente em relação à reprodução, hábito alimentar e idade e crescimento. Estudos sobre esses aspectos preponderantes do ciclo de vida são importantes para se estimar as épocas e mecanismos reprodutivos das espécies, revelar faixas etárias e padrões de crescimento, através da observação de anéis de crescimento, assim como para desvendar as presas preferenciais por meio da análise do conteúdo estomacal das espécies. Para que se possa adotar medidas adequadas de gestão voltadas para a sua conservação, porém, é fundamental se dispor de conhecimentos aprofundados também sobre o uso do habitat e comportamento, informações ainda incipientes para o grupo.

A grande diversidade dos elasmobrânquios reflete-se nos seus diferentes modos ou estratégias de reprodução, cuja fertilização é interna e precedida por um processo de corte. Durante a cópula ou acasalamento, o macho costuma morder a fêmea para mantê-la próxima ao corpo, enquanto insere em sua cloaca um dos seus dois órgãos copuladores, denominados cláspers (Pratt & Carrier, 2005). O ciclo reprodutivo e o período de gestação variam muito entre as espécies, mas os poucos filhotes da prole costumam já nascer grandes e completamente formados, com chances, conseqüentemente, relativamente elevadas de sobrevivência quando comparados aos teleósteos, que possuem uma maior mortalidade natural. Os modos de reprodução podem ser classificados de acordo com:

- 1) o local de desenvolvimento do embrião (externo ou interno ao útero materno) denominado oviparidade (única ou múltipla) ou viviparidade (prevalente em todas as ordens de elasmobrânquios, exceto nos tubarões da ordem Heterodontiformes, e nas raias da ordem Rajiformes);
- 2) por meio do tipo de nutrição dos embriões, podendo ser lecitotróficos (quando a nutrição ocorre apenas por meio do saco vitelínico) ou matrotrófico (com acréscimo de aporte de nutrientes maternos, por meio

de histotrofia lipídica, oofagia e adelfofagia, ou placenta) (Carrier et al., 2004). As raias da ordem Myliobatiformes, bastante comuns na costa do Nordeste, como *Hypanus guttatus* e *Hypanus marianae*, recebem este aporte materno por meio de estruturas no útero denominadas trofonemas, sob a forma de um líquido rico em lipídios e proteínas chamado de “leite uterino” (histotrofia lipídica). Os tubarões da ordem Lamniformes apresentam viviparidade matrotrófica, na qual os embriões se alimentam de ovos não fecundados ou de embriões menores, ainda dentro do útero da mãe (oofagia e adelfofagia, respectivamente) (Carrier et al., 2004). Todas as espécies da família Carcharhinidae apresentam viviparidade placentária, exceto o *Galeocerdo cuvier* (Castro et al., 2016), cuja ausência possivelmente é um caráter derivado (autapomorfia) para a espécie.

Tubarões e raias são, em geral, espécies “generalistas”, alimentando-se de uma ampla variedade de presas, com algumas poucas espécies, porém, apresentando um comportamento alimentar dito “especialista”, com uma preferência alimentar mais restrita. Além de generalistas, muitas espécies também são oportunistas, alimentando-se das presas com maior disponibilidade no ambiente, ainda que possam preferir um determinado item alimentar quando o mesmo está disponível (Moyle & Cech, 2004). Algumas espécies se especializaram na alimentação voltada para o plâncton (fitoplâncton e zooplâncton), utilizando para isso os seus rastros branquiais como filtro e possuindo, conseqüentemente, dentes minúsculos se comparados ao seu tamanho (Stevens, 2010). O tubarão-baleia, o tubarão-peregrino (*Cetorhinus maximus*) e o tubarão-megaboca (*Megachasma pelagios*) são as três espécies de tubarão filtradoras, embora apenas a primeira possua ocorrência comprovada para as águas nordestinas. Entre as espécies citadas, o tubarão-baleia é o único que não necessita estar em constante movimento para que a água entre pela boca e saia através



**Figura 8.1** Espécies de tubarões e raias com ocorrência na região Nordeste do Brasil. **A)** *Galeocerdo cuvier*; **B)** *Ginglymostoma cirratum*; **C) e D)** *Hypanus berthaltutzae*; **E) e F)** *Aetobatus narinari*; **G)** *Hypanus marianae* e **H)** *Hypanus guttatus*. **Fotos** Erika Beux e Tiego Costa.




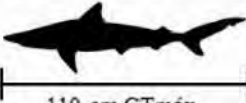
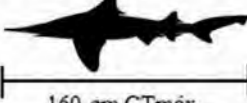
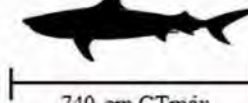
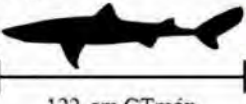
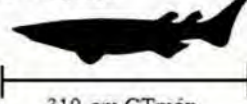
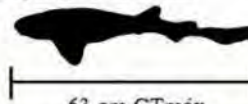
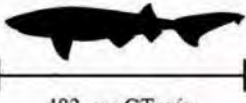
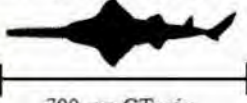
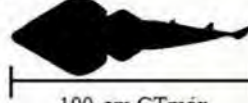


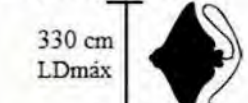


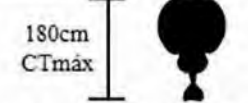
das fendas brânquias, em decorrência da espécie apresentar um mecanismo de sucção da água mais eficiente do que os outros tubarões filtradores. Já as espécies predominantemente carnívoras apresentam várias fileiras substituíveis de dentes grandes e cortantes, para arrancarem pedaços de tecidos de suas presas maiores (Abel & Grubbs, 2020). As espécies da família Carcharhinidae, uma das mais abundantes no litoral nordestino, são carnívoras oportunistas, posicionadas no topo da cadeia alimentar do ambiente marinho, contribuindo, assim, como reguladores importantes de níveis tróficos inferiores. A amplitude na dieta alimentar de elasmobrânquios varia bastante de acordo com a espécie, com alguns representantes da família Carcharhinidae apresentando, por exemplo, espectros muito amplos, como o tubarão-cabeça-chata, que possui a habilidade de predação de tartarugas, golfinhos, mamíferos, crustáceos, equinodermos, peixes teleósteos e até mesmo outras espécies de elasmobrânquios. Algumas espécies de raia apresentam uma placa dentária rígida, como a *Aetobatus narinari*, que tritura a concha dos moluscos dos quais se alimentam. Assim, a partir dos variados formatos de dentes dos elasmobrânquios pode-se inferir os seus hábitos alimentares e/ou presas preferenciais (Compagno et al., 2005).

Informações sobre idade são importantes para se estimar o crescimento, a mortalidade natural e a longevidade, além de fornecerem a base para a construção de modelos populacionais que podem contribuir para o sucesso do manejo das populações de tubarões e raias (Cailliet & Goldman, 2004). Os estudos de crescimento se fundamentam na análise de estruturas calcificadas, como vértebras e espinhos, para posterior contagem de suas zonas ou anéis de crescimento, com base na qual é possível se construir a curva de crescimento, desde que se disponha de uma amplitude razoável de amostras com indivíduos de todas as classes de tamanho. Os parâmetros de crescimento são ajustados através das curvas de crescimento logísticas, com a taxa de tamanho crescente em razão do aumento da idade (Fowler et al., 2005). A grande questão nos

estudos de crescimento para definição da idade é determinar qual a periodicidade de formação dos anéis encontrados nas estruturas rígidas (vértebras ou espinhos). O ideal para determinar com segurança a idade, especialmente em indivíduos mais velhos, é marcar uma zona de crescimento inicial e analisar a deposição subsequente das estruturas em um determinado período de vida da espécie. Para esse processo, são utilizados normalmente antibióticos como a oxitetraciclina, um marcador químico capaz de impregnar nos tecidos ósseos dos animais. Na utilização desse método para validação do crescimento da espécie, porém, é necessário que o exemplar marcado seja recapturado no ambiente natural ou em cativeiro, o que nem sempre é fácil. Uma outra maneira para se estimar a periodicidade dos anéis é através do chamado método do incremento marginal, que se baseia na sazonalidade de formação do último anel, sendo de aplicação mais fácil em regiões temperadas, onde a sazonalidade é bem marcada, do que nas equatoriais. Evidentemente, quanto maior for o tamanho da amostra, maior será a precisão no estudo da idade e do crescimento (Cailliet & Goldman, 2004; Fowler et al., 2005). Algumas espécies apresentam expectativa de vida mais longa, com maturação sexual também mais tardia, a exemplo da espécie de tubarão-fidalgo (*Carcharhinus obscurus*), com longevidade estimada em 44 anos e maturação em torno de 19 - 20 anos (Vooren et al., 2018). Em outras espécies, a expectativa de vida é mais reduzida e a maturação, analogamente, é alcançada mais precocemente. O tubarão-rabo-seco (*Rhizoprionodon porosus*), por exemplo, espécie comum no litoral nordestino, apresenta uma longevidade estimada em cerca de 10 anos (Lessa et al., 2006).

## 2.2. Descrição dos aspectos gerais de elasmobrânquios do mar profundo

Consensualmente, espécies de águas profundas são aquelas que vivem a maior parte do seu ciclo de vida em regiões além dos 200 m de profundidade.

<p><i>Ginglymostoma cirratum</i> <b>VU</b> Tubarão lixa</p>  <p>308 cm CTmáx Viviparidade lecitotrófica Teleosteos, moluscos e equinodermos</p>	<p><i>Carcharhinus porosus</i> <b>CR</b> Caçõ azeiteiro ou junteiro</p>  <p>128 cm CTmáx Viviparidade placentária Teleosteos e invertebrados aquát.</p>	<p><i>Carcharhinus leucas</i> <b>NT</b> Tubarão cabeça-chata</p>  <p>340 cm CTmáx Viviparidade placentária Teleosteos e elasmobrânquios</p>
<p><i>Rhizoprionodon porosus</i> <b>VU</b> Caçõ frango ou rabo-seco</p>  <p>110 cm CTmáx Viviparidade placentária Teleosteos, crustáceos e moluscos</p>	<p><i>Isogomphodon oxyrinchus</i> <b>CR</b> Tubarão quati ou pato</p>  <p>160 cm CTmáx Viviparidade placentária Teleosteos e crustáceos</p>	<p><i>Galeocerdo cuvier</i> <b>NT</b> Tubarão tigre ou tintureira</p>  <p>740 cm CTmáx Viviparidade aplacentária Teleosteos, tartarugas, mamíferos mar.</p>
<p><i>Squalus acanthias</i> <b>VU</b> Caçõ bagre</p>  <p>122 cm CTmáx Viviparidade lecitotrófica Teleosteos e invertebrados aquát.</p>	<p><i>Echinorhinus brucus</i> <b>EN</b> Tubarão prego</p>  <p>310 cm CTmáx Viviparidade lecitotrófica Peixes e crustáceos</p>	<p><i>Scyliorhinus ugoi</i> <b>LC</b> Caçõ gato da Bahia</p>  <p>63 cm CTmáx Oviparidade Dieta desconhecida</p>
<p><i>Hexanchus griseus</i> <b>NT</b> Tubarão albafar</p>  <p>482 cm CTmáx Viviparidade lecitotrófica Elasmobrânquios, teleosteos, moluscos</p>	<p><i>Pristis pristis</i> <b>CR</b> Raia Espadarte ou Serra</p>  <p>700 cm CTmáx Viviparidade lecitotrófica Teleosteos e invertebrados aquát.</p>	<p><i>Pseudobatos percellens</i> <b>EN</b> Raia viola</p>  <p>100 cm CTmáx Viviparidade lecitotrófica Dieta desconhecida</p>
<p><i>Hypanus marianae</i> <b>EN</b> Raia de Fogo ou Mariquita</p>  <p>38 cm LDmáx Viviparidade matrotrófica Crustáceos</p>	<p><i>Hypanus guttatus</i> <b>NT</b> Raia bicuda ou lixa</p>  <p>200 cm LDmáx Viviparidade matrotrófica Equinodermos, poliquetas</p>	<p><i>Aetobatus narinari</i> <b>EN</b> Raia pintada ou chita</p>  <p>330 cm LDmáx Viviparidade matrotrófica Poliquetas, moluscos</p>
<p><i>Gymnura micrura</i> <b>NT</b> Raia borboleta</p>  <p>120 cm LDmáx Viviparidade matrotrófica Moluscos e crustáceos</p>	<p><i>Rajella bigelowi</i> <b>LC</b> Raia de Bigelow</p>  <p>55 cm LDmáx Oviparidade Dieta desconhecida</p>	<p><i>Tetronarce nobiliana</i> <b>DD</b> Raia elétrica</p>  <p>180cm CTmáx Viviparidade lecitotrófica Teleosteos</p>

**Figura 8.2**  
Referências de tamanho - Comprimento total (CT) e Largura de Disco (LD), estratégias reprodutivas e dieta de algumas espécies representativas da região Nordeste do Brasil. O status de conservação foi incluído de acordo com a lista vermelha de espécies da IUCN: (CR) Criticamente em Perigo, (NT) Quase Ameaçada, (EN) Em Perigo, (VU) Vulnerável, (LC) Menos Preocupante, (DD) Dados Insuficientes e (NE) Não avaliada.

No entanto, existem também espécies que realizam incursões verticais frequentes rumo a águas profundas em busca de alimento com menor nível de competição, como é o caso de vários exemplares da família Carcharhinidae (**ex:** *Galeocerdo cuvier*, *Carcharhinus obscurus*, *C. falciformis*), com capturas registradas aos 500 m de profundidade na costa Nordeste do Brasil (Lessa et al., 1999). Os padrões de movimentação vertical indicam que o tubarão-martelo (*Sphyrna lewini*), por sua vez, frequenta uma ampla faixa de profundidade e temperatura na coluna d'água, entre as zonas epipelágicas e mesopelágica do Nordeste brasileiro, alcançando os 728 m de profundidade. Já a raia-manta-chilena (*Mobula tarapacana*) e o tubarão-baleia são adaptados fisiologicamente para atingirem a região batipelágica, em profundidades superiores aos 1.000 m (Hazin et al., 2018; Mendonça, 2018) (Fig. 8.3).

Seguindo uma tendência global, cerca de 40% das espécies brasileira de elasmobrânquios são de águas profundas. Das 159 espécies de tubarões e

raias estimadas por Rosa e Gadig (2014), 63 são ou ocorrem em águas profundas com representantes em todas as ordens registradas no país, com exceção apenas da Rhinoprístiformes. Para o grupo dos tubarões, a ordem Carcharhiniformes é a que apresenta a maior riqueza de espécies no Brasil, a exemplo do que ocorre em outros países. Normalmente conhecida pelos seus representantes pelágicos de corpo robusto e coloração acinzentada, como os grandes tubarões de recife e os tubarões-martelos, esta ordem possui também algumas das menores espécies de tubarões já descobertas pela ciência.

A família Scyliorhinidae, por exemplo, pertencente a ordem Carcharhiniformes, é composta por aproximadamente 160 espécies descritas e válidas, que normalmente atingem seu tamanho máximo em 80 cm de comprimento total, apresentando duas pequenas barbatanas dorsais, sem espinhos, uma barbatana anal, e olhos geralmente alongados, assemelhando-se ao dos felinos, o que lhes concede

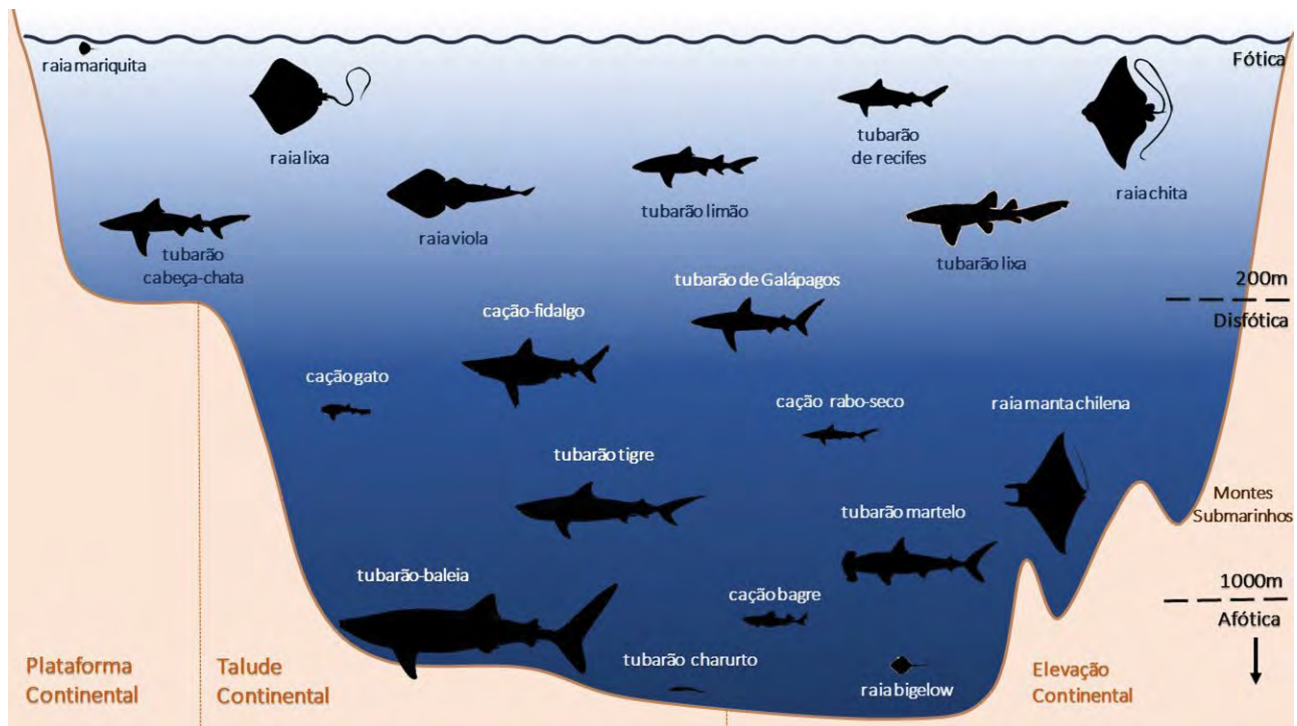


Figura 8.3 Uso vertical do habitat de algumas espécies de tubarões e raia com ocorrência no Nordeste do Brasil.

o nome vulgar de cação-gato. Outra característica da família é a coloração exuberante das espécies habitualmente associadas ao fundo marinho em regiões para além do talude continental. Essa é a única família da ordem a possuir estratégias reprodutiva de oviparidade, apresentando três diferentes modos reprodutivos:

- 1) oviparidade única, em que produz cápsulas grandes, com gavinhas para ancoragem, com a maior parte de desenvolvimento embrionário ocorrendo fora do corpo da mãe;
- 2) oviparidade múltipla, quando os ovos permanecem no oviduto por um longo período de tempo, no qual os embriões evoluem para estágios avançados antes da postura; e
- 3) viviparidade, na qual os ovos são retidos até que os filhotes estejam prontos para nascer.

A ordem Squaliformes, presente em todos os oceanos do mundo, é uma das mais representativas da costa Nordeste do Brasil, com representantes de todas as suas famílias, exceto da Oxynotidae. Composta por cações-bagre (Squalidae), cações-charuto (Dalatiidae) e tubarões-lanterna ou tubarões-vagalume (Etmopteridae), a ordem Squaliformes domina a fauna de tubarões bentônicos em águas profundas, tanto em termos de diversidade como de abundância, sendo caracterizada por espécies que apresentam tamanhos variados, corpos cilíndricos, nadadeiras dorsais que podem ser precedidas de espinhos e ausência da nadadeira anal. É desta ordem um dos tubarões mais icônicos do mundo, o tubarão-lanterna anão (*Etmopterus perryi*) que atinge, no máximo, 20 cm de comprimento. Apesar de sua

área de ocorrência ser o oeste do oceano Atlântico, a espécie não tem registro para o Brasil, embora a espécie-irmã *Etmopterus bigelowi*, tenha ampla ocorrência na costa Nordeste do Brasil (Fig. 8.4) (Compagno et al., 2005) (Ver capítulo: [Mar profundo: registro da história e organismos do Nordeste do Brasil - Vol.1](#)).

### 2.3. Status populacional e conservação das espécies

Os elasmobrânquios encontram-se entre os animais mais ameaçados de extinção do planeta, com cerca de um terço das espécies do Brasil inseridas em algum *status* de ameaça: Vulnerável (VU), Em perigo (EN) ou Criticamente em perigo (CR), segundo os critérios da lista vermelha do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio (Barreto et al., 2017; ICMBio, 2018). Além disso, é extremamente preocupante, também, o elevado número de espécies que apresentam o seu *status* como “Dados Insuficientes (DD)” ou que não foram ainda avaliadas (NE), impossibilitando, assim, uma avaliação adequada das condições dos seus estoques, que podem atingir níveis críticos de ameaça, sem o conhecimento necessário para que se adotem ações de proteção ou recuperação (Dulvy et al., 2014). No Nordeste, algumas espécies já chegaram a apresentar declínios populacionais de até 80%, devido principalmente à pesca prolongada e intensiva, além de vários outros fatores que também colocam a conservação do grupo em risco (Lessa et al., 2016), incluindo a destruição dos seus habitats essenciais, em razão da ocupação humana da zona costeira, com a construção de habitações, hotéis, portos, entre outros empreendimentos (Abel & Grubbs, 2020).

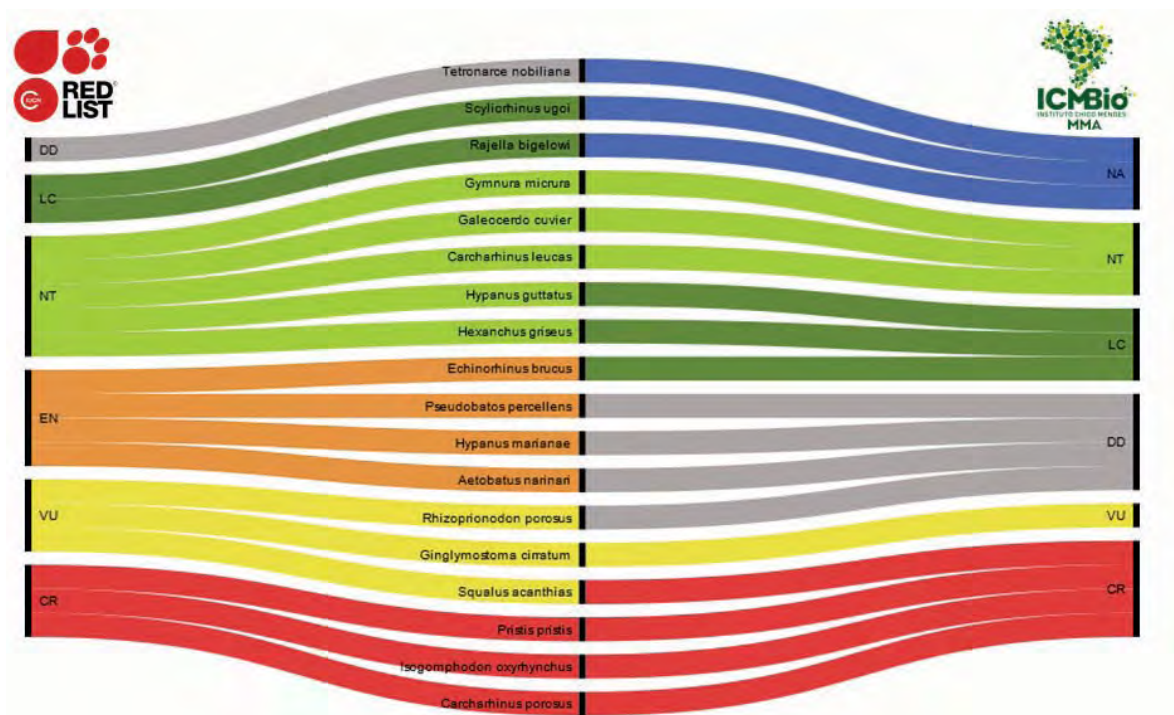


**Figura 8.4** Representantes da ordem Squaliformes. Tubarões-lanterna anão (*Etmopterus perryi*) (direita) e tubarão-vagalume-de-bigelow (*Etmopterus bigelowi*) (esquerda). **Fonte** <https://www.fishbase.se>.

Entre as espécies ameaçadas de extinção que ocorrem no Nordeste brasileiro, os tubarões *Isogomphodon oxyrinchus* e *Sphyrna lewini* e a raia *Pristis pristis* merecem atenção especial por se encontrarem, atualmente, na categoria Criticamente em Perigo (CR) em ambas as listas vermelhas: nacional, do ICMBio, e global, da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN). O tubarão *Isogomphodon oxyrinchus*, além de possuir distribuição restrita (do Maranhão à Venezuela), apresentou um declínio populacional estimado em ~ 80% nos últimos anos devido à captura accidental nas pescarias da pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) e do serra (*Scomberomorus brasiliensis*), duas das mais rentáveis pescarias na costa norte do Brasil (Lessa et al., 2016). A distribuição da raia-espardarte (*Pristis pristis*), por sua vez, atualmente se restringe aos estados do Maranhão ao Amapá, com sua população se encontrando gravemente ameaçada

pela pesca accidental e redução de seus habitats, especialmente nos ecossistemas de manguezais (Fig. 8.5). Já o tubarão-martelo (*Sphyrna lewini*) também é alvo de uma pesca intensiva e contínua em áreas críticas de suas populações no Nordeste, particularmente nas regiões mais costeiras onde se distribuem predominantemente os juvenis.

Muitas outras espécies de elasmobrânquios presentes na costa nordestina se encontram igualmente ameaçadas (Fig. 8.5) por ações antrópicas, em razão de suas características intrínsecas, como crescimento lento, maturação tardia e baixa fecundidade. Atualmente, a preocupação mundial em relação à conservação dos tubarões e raias vem aumentando, com uma maior disseminação das informações acerca do seu *status* de conservação para o público em geral (Dulvy & Robyn, 2010; Abel & Grubbs, 2020).



**Figura 8.5** Categorias do *status* de conservação das espécies representativas de tubarões e raias da região Nordeste do Brasil, de acordo com as mais recentes avaliações das listas vermelhas global (IUCN) e nacional (ICMBio): (CR) Criticamente em perigo, (VU) vulnerável, (NT) Quase ameaçado, (LC) Menos Preocupante, (DD) Dados Insuficientes e (NA/NE) Não avaliados.



Para que seja revertido o nível atual de ameaça enfrentado por essas espécies, será necessário um esforço conjunto de pesquisadores, comunidades pesqueiras, sociedade em geral e tomadores de decisões no poder público, para que ações efetivas possam ser adotadas e fiscalizadas a fim de proteger os elasmobrânquios.

Vários países desenvolvem estratégias para a conservação dos elasmobrânquios, por meio de planos de ação, inclusive o Brasil. Alguns estudos apontam que as populações de elasmobrânquios podem se recuperar quando medidas adequadas de conservação são adotadas, incluindo uma redução da mortalidade por pesca. Um bom exemplo da recuperação populacional de tubarões tem sido observado nos últimos anos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) onde, em 2011, a população local do tubarão-de-Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*) foi considerada extinta (Luiz & Edwards, 2011). Pesquisas recentes, porém, indicaram que o *C. galapagensis* sempre esteve presente no ASPSP, mesmo após um longo período sem registro de ocorrência, e que a espécie apresenta um significativo aumento da abundância na região (Hazin et al., 2018). Essa redução na abundância do *C. galapagensis* no ASPSP foi provavelmente ocasionada pelo intenso esforço da pesca comercial no entorno da região, no passado (Luiz & Edwards, 2011), tendência, no entanto, que parece estar sendo revertida, de forma surpreendentemente rápida, a partir da proibição da captura de elasmobrânquios na área, normatizada pela Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), em 2012. Além da proibição de pesca local, a recuperação da abundância de espécies de tubarões do gênero *Carcharhinus* no ASPSP parece ter sido impulsionada, também, pelas restrições à pesca do tubarão-lombo-preto (*Carcharhinus falciformis*) em todo o Oceano Atlântico, implementadas pela Comissão Internacional para a Conservação do Atum do Atlântico (ICCAT), em 2011, a qual foi internalizada no Brasil por meio da Instrução Normativa Interministerial nº 8, em 06 de novembro

de 2014 (Hazin et al., 2018). É urgente, portanto, que medidas adequadas de gestão e ordenamento pesqueiro sejam adotadas para assegurar a conservação dos elasmobrânquios, não apenas no litoral nordestino, mas em toda a costa brasileira. Idealmente, tais medidas devem integrar planos de gestão construídos de forma participativa, a partir da aplicação do Enfoque Ecosistêmico na Gestão Pesqueira.

#### **2.4. Biodiversidade nas ilhas oceânicas do Nordeste brasileiro: Arquipélagos de Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo e Atol das Rocas**

Ilhas e montes submarinos comumente agregam uma ampla diversidade de espécies, distribuídas em diferentes níveis da cadeia trófica, sendo por isso considerados *hotspots* de biodiversidade. Esses ambientes são verdadeiros oásis de vida marinha em meio ao vasto e deserto oceano profundo, funcionando como locais de abrigo e proteção para espécies residentes e migradoras. Grandes peixes pelágicos, a exemplo dos elasmobrânquios, são em geral considerados como visitantes nos ecossistemas insulares, embora existam espécies que possuem uma alta fidelidade a esses ambientes, habitando todo ou grande parte do seu ciclo de vida associados a essas formações.

No menor ecossistema insular brasileiro, o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (0°55'20"N e 29°20'44"W), localizado na região equatorial, a cerca de 1.100 km do ponto mais próximo do continente, no Rio Grande do Norte (RN), foram descritas 23 espécies de elasmobrânquios, distribuídas em 6 ordens e 13 famílias (Pinheiro et al., 2020). As espécies mais abundantes na região são o tubarão-lombo-preto (*C. falciformis*), o tubarão-de-Galápagos (*C. galapagensis*), o tubarão-fidalgo (*C. obscurus*), o tubarão-martelo (*S. lewini*), o tubarão-baleia (*R. typus*) (Fig. 8.6A) e a raia-manta-chilena (*Mobula tarapacana*) (Fig. 8.6B). No Brasil, o ASPSP é o local mais importante de

concentração do tubarões-baleia, o maior peixe vivo da atualidade, com visitas frequentes à ilha especialmente durante o primeiro semestre do ano. Seguindo a mesma tendência, raias-mantas-chilena são avistadas solitárias, pareadas ou em grupos de até 24 espécimes, com o maior número de registros também nos primeiros seis meses do ano. Já o tubarão-de-Galápagos, espécie que vive intimamente associada às ilhas oceânicas, não apresenta uma sazonalidade clara de ocorrência, e possui atualmente uma densidade elevada nesse ecossistema (Hazin et al., 2018).

No arquipélago de Fernando de Noronha (03°51'S e 32°25'W), única ilha oceânica brasileira aberta à visitação do público, localizada a 345 km do continente, 30 espécies de tubarões e raias foram identificadas, inseridas em 6 ordens e 13 famílias (Pinheiro et al., 2018). O tubarão-cabeça-de-cesto (*Carcharhinus perezii*) (Fig. 8.6C), o tubarão-limão (*Negaprion brevirostris*) (Fig. 8.6D), o tubarão-lixia (*G. cirratum*) e a raia prego (*H. berthaltutzae*) são as espécies mais abundantes nesse arquipélago. No caso de algumas dessas espécies, como o tubarão-lixia e o tubarão-limão, espécimes de diferentes fases ontogênicas podem ser observadas nos recifes e nas formações de praias que compõem a ilha, sugerindo que essas populações tenham todo o seu ciclo de vida associado à região, que vai desde o nascimento, passando pelo crescimento de neonatos e juvenis, até atingirem a idade adulta e iniciarem um novo ciclo reprodutivo. Essas duas espécies simpátricas nascem em épocas diferentes do ano, sugerindo que esta tática reprodutiva garante o sucesso da sua coexistência nas áreas de berçário. Indivíduos adultos com marcas recentes de cópula também são avistados com frequência em Fernando de Noronha, comprovando que essa é uma importante área de reprodução no Atlântico Sul (Garla, 2003).

O Atol das Rocas (3°51'50"S e 33°48'48"W), por sua vez, é uma formação singular no Atlântico Sul Ocidental, além de ser uma das mais antigas Unidades de Conservação (UC) do país. Nesta

região que dista aproximadamente 267 km do Rio Grande do Norte, foram catalogadas 15 espécies de elasmobrânquios, distribuídas em seis famílias e três ordens (Pinheiro et al., 2018). As principais espécies que compõem a diversidade de elasmobrânquios no Atol são o tubarão-limão, o tubarão-lixia (Fig. 8.6E) e a raia prego (Fig. 8.6F), com o interior da reserva, um local de águas rasas e protegidas, servindo como área de berçário para ambas espécies de tubarões. Apenas indivíduos adultos da raia prego, porém, principalmente fêmeas, são avistadas dentro do anel recifal, possivelmente devido a uma segregação de habitat por tamanho e sexo, com a espécie utilizando diferentes nichos do próprio ecossistema do Atol (Branco-Nunes, 2015).

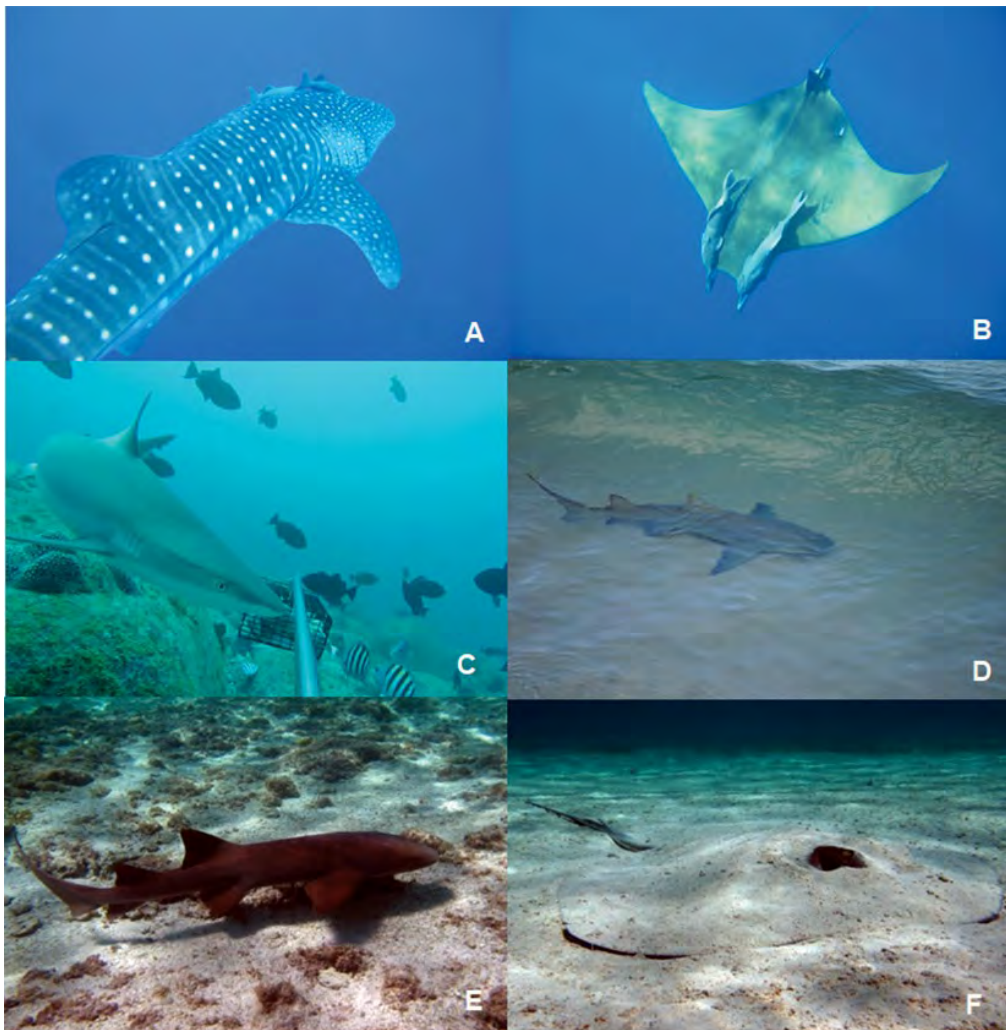
Nas três ilhas mencionadas, as famílias Carcharhinidae e Mobulidae apresentaram o maior número de espécies de tubarões e raias, respectivamente (Tab. 8.1, Fig. 8.7). As espécies de tubarões compõem aproximadamente 77% dos elasmobrânquios com ocorrência registrada em cada ilha da costa nordestina. Embora a maioria dos tubarões e raias presentes nas ilhas apresentem hábitos predominantemente pelágicos, espécies da fauna de profundidade, como *Odontaspis ferox* e *Hexanchus griseus*, possuem registros nos Arquipélagos de São Pedro e São Paulo e de Fernando de Noronha. Segundo os critérios da IUCN, atualmente, o *C. falciiformis* está classificado como Vulnerável, o *C. obscurus* e cinco espécies do gênero *Mobula* como Em Perigo e o *C. longimanus* (Tab. 8.1) e o *S. lewini* como Criticamente em Perigo de extinção. Os ecossistemas insulares apresentam uma dinâmica evolutiva peculiar em decorrência do seu isolamento geográfico, razão pela qual costumam exibir um elevado grau de endemismo, além de servirem como santuários para espécies ameaçadas de extinção. Por isso, os Arquipélagos de São Pedro e São Paulo, Fernando de Noronha e Atol das Rocas são UCs marinhas protegidas por lei, com diferentes níveis de proteção (Ver capítulo: [Gestão de áreas costeiras e marinhas protegidas no Nordeste do Brasil - Vol. 1](#)).

### 3. DISTRIBUIÇÃO, ABUNDÂNCIA E CAPTURA DE TUBARÕES E RAIAS

#### 3.1. Áreas de ocorrência das principais espécies de tubarões na costa do Nordeste

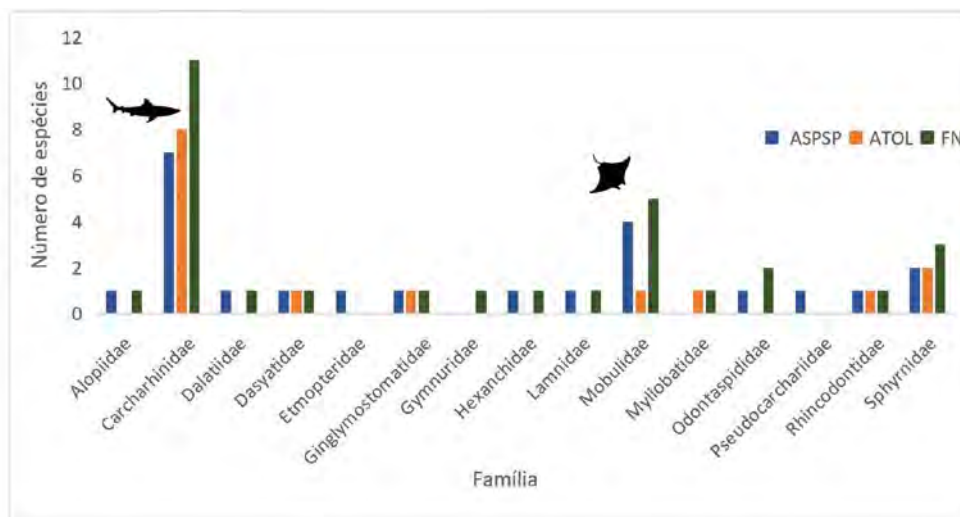
O consumo de proteína animal proveniente da captura de elasmobrânquios acontece há centenas de anos, porém apenas nas últimas décadas houve uma maior demanda por esse recurso, em razão, principalmente, do elevado valor das suas nadadeiras no mercado internacional. Em geral, a carne dos tubarões possui um baixo valor comercial, apresentando, contudo, uma demanda crescente

em alguns mercados, como na Europa e na América do Sul. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), as importações brasileiras de carne de tubarão aumentaram oito vezes desde 2000, passando de 2.621 para 21.067 t, situando o país como um dos principais importadores mundiais, além de ocupar a sexta posição entre as nações exportadoras de carne de tubarão, com capturas anuais estimadas de 12.000 t de tubarões e 5.000 t de raias (Dent & Clarke, 2015). Esses dados, no entanto, não refletem os reais montantes das capturas, uma vez que não consideram os espécimes descartados e/ou não reportados pelas diferentes artes de pesca, além das graves deficiências enfrentadas pelos sistemas de monitoramento da produção pesqueira nacional.



**Figura 8.6**

Representantes das espécies de elasmobrânquios nas ilhas oceânicas do Nordeste: **A)** tubarão-baleia (*R. typus*), **B)** raia-manta-chilena (*M. tarapacana*), **C)** tubarão-cabeça-de-cesto (*C. perezii*), **D)** tubarão-limão (*N. brevirostris*), **E)** tubarão-lixia (*G. cirratum*) e a **F)** raia prego (*H. berthelutzae*). **Fotos** Natalia Bezerra, José Carlos Marenga e Drausio Veras.



**Figura 8.7** Número de espécies por família nos Arquipélagos de São Pedro e São Paulo (ASPSP) e Fernando de Noronha (FN) e no Atol das Rocas (ATOL).

**Tabela 8.1** Espécies das famílias Carcharhinidae e Mobulidae nos Arquipélagos de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Fernando de Noronha (FN) e no Atol das Rocas (ATOL). *Status* de conservação de acordo com os critérios da IUCN: Quase ameaçada (NT), Vulnerável (VU), Em perigo (EN) e Criticamente em Perigo (CR).

ESPÉCIE	NOMENCLATURA COMUM NAS ILHAS	ASPSP	ATOL	FN	STATUS DE CONSERVAÇÃO (IUCN)
<i>Carcharhinus falciformis</i> (Müller & Henle, 1839)	Tubarão-lombo-preto	X	X	X	VU
<i>Carcharhinus galapagensis</i> (Snodgrass & Heller, 1905)	Tubarão-das-Galápagos	X		X	LC
<i>Carcharhinus leucas</i> (Müller & Henle, 1839)	Tubarão-cabeça-chata		X	X	NT
<i>Carcharhinus limbatus</i> (Müller & Henle, 1839)	Tubarão-galha-preta	X	X	X	NT
<i>Carcharhinus longimanus</i> (Poey, 1861)	Tubarão-galha-branca-oceânico	X	X	X	CR
<i>Carcharhinus obscurus</i> (Lesueur, 1818)	Tubarão-fidalgo	X			EN
<i>Carcharhinus perezii</i> (Poey, 1876)	Tubarão-cabeça-de-cesto		X	X	EN
<i>Carcharhinus plumbeus</i> (Nardo, 1827)	Tubarão-sucuri			X	VU
<i>Carcharhinus signatus</i> (Poey, 1868)	Tubarão-toninha			X	EN
<i>Galeocerdo cuvier</i> (Péron & Lesueur, 1822)	Tubarão-tigre	X	X	X	NT
<i>Negaprion brevirostris</i> (Poey, 1868)	Tubarão-limão		X	X	VU
<i>Prionace glauca</i> (Linnaeus, 1758)	Tubarão-azul	X	X	X	NT
<i>Mobula birostris</i> (Walbaum, 1792)	Raia-manta, Manta verdadeira	X	X	X	EN
<i>Mobula hypostoma</i> (Bancroft, 1831)	Raia-manta, raia-jamanta, manta do diabo			X	EN
<i>Mobula mobular</i> (Bonnaterra, 1788)	Raia-manta, raia-jamanta	X		X	EN
<i>Mobula tarapacana</i> (Philippi, 1892)	Raia-manta-chilena, manta do diabo	X		X	EN
<i>Mobula thurstoni</i> (Lloyd, 1908)	Raia-manta, raia-jamanta	X		X	EN

No Brasil, tubarões e raias são capturados em pescarias artesanais e industriais, tanto como alvo da pesca, como também de forma incidental ou fauna acompanhante. Na costa Nordeste do Brasil, existem diversas comunidades que sobrevivem da pesca artesanal, utilizando diferentes artes e estratégias de pesca, com capturas expressivas de várias espécies de tubarão (Tab. 8.2).

No litoral norte de Pernambuco (PE), na ilha de Itamaracá, os pescadores da região utilizam jangadas a vela e a rede de emalhe como a principal arte de pesca. A espécie mais abundante na região é o tubarão-rabo-seco (*Rhizoprionodon porosus*), correspondendo a até 200 kg do montante desembarcado por viagem. O *R. porosus* é uma espécie de tubarão costeiro de pequeno porte, com ocorrência abundante em todo o litoral nordestino. Além dessa, também compõem as capturas da região o tubarão-flamengo (*Carcharhinus acronotus*) e indivíduos juvenis de tubarão tigre (*Galeocerdo cuvier*) (M. Rêgo, comunicação pessoal).

No Programa de Pesquisa e Monitoramento de Tubarões (PROTUBA) realizado na Região Metropolitana de Recife (PE), entre os anos de 2004 e 2014, foram capturadas 11 espécies de tubarão, com espinhel pelágico, posicionado entre 11 e 15 m de profundidade, a uma distância de aproximadamente 2-3 km da linha de costa. Em mais de 10 anos de monitoramento, o tubarão-lixia respondeu pela maior parcela das capturas (47,4%), seguido pelo tubarão-flamengo (28,1%) e pelo tubarão tigre (17,3%). A captura por unidade de esforço (CPUE) calculada para o tubarão-lixia foi de 0,74/1.000 anzóis, com evidências de que a espécie ocorre durante todo o ano e de que a sua abundância está aparentemente aumentando na região (Niella et al., 2017).

Em um programa de monitoramento dos desembarques da frota artesanal sediada em Mucuripe, um dos principais portos pesqueiros de Fortaleza (CE), de novembro de 2006 a outubro

de 2008, foram identificados 3.238 espécimes de elasmobrânquios, distribuídos em 23 espécies. O tubarão-rabo-seco (10,7%) e o tubarão-lixia (6,2%) foram as espécies mais abundantes nessa pescaria, com algumas espécies de tubarões demersais, como o *Squalus cf. cubensis* e o *Odontaspis ferox*, tendo sido também registradas. Cerca de 40% das espécies identificadas estão classificadas em algum nível de ameaça, seja na lista de espécies nacional, seja na mundial (Santander-Neto & Faria, 2020).

Levantamentos realizados em Caiçara do Norte, município do Rio Grande do Norte que possui uma das maiores frotas pesqueiras artesanais, identificaram 13 espécies de tubarões nas capturas, com o tubarão-rabo-seco, o tubarão-lombo-preto (*C. falciformis*), o tubarão-galha-preta (*C. limbatus*) e o tubarão flamengo, sendo as espécies com maior abundância. Indivíduos neonatos foram identificados nos desembarques, sugerindo que a região é um importante berçário para essas espécies, demandando, portanto, a adoção de medidas de gestão que visem proteger essa fase crítica do seu ciclo de vida (Lessa et al., 2008).

No litoral Maranhense, em prospecções pesqueiras realizadas no final da década de 1990, foram identificados 19 espécies de tubarões pertencentes a 4 famílias. O tubarão-rabo-seco, o tubarão-baia (*Carcharhinus porosus*), o tubarão-martelo (*S. lewini*) e o tubarão-galha-preta foram as espécies numericamente mais abundantes (Almeida et al., 2006). O tubarão-rabo-seco compõe uma parcela importante dos desembarques pesqueiros da frota artesanal no Maranhão, correspondendo de 18 a 45% da produção total de elasmobrânquios (Almeida, 1999). No mesmo local, foram realizados estudos nas estruturas recifais do Parque Estadual Marinho Parcel de Manoel Luís, localizado a cerca de 180 km ao norte da capital São Luís. Nessa unidade de conservação que representa as formações recifais mais próximas da foz do Rio Amazonas, foram capturados 23 exemplares de elasmobrânquios pertencentes a nove espécies.

Os tubarões rabo-seco (n= 10) e o cabeça-de-cesto (*C. perezii*) (n= 4) apresentaram o maior número de capturas. No mesmo estudo, o parque Parcel de Manoel Luís foi considerado como uma possível zona de reprodução e alimentação de elasmobrânquios, servindo de abrigo para espécies ameaçadas de extinção, a exemplo do tubarão-lixo (Motta et al., 2009).

Embora os montantes aqui apresentados retratem a composição das espécies em vários locais da costa

do Nordeste, não existe nenhum acompanhamento sistemático dos desembarques provenientes da frota artesanal e nem tampouco uma estatística oficial. Isso se deve, entre outros fatores, a complexidade do acompanhamento dessa frota, mas sobretudo a falta de interesse governamental no investimento de políticas voltadas para o setor, particularmente na manutenção de um sistema nacional de estatística pesqueira, inexistente há quase uma década.

**Tabela 8.2** Detalhamentos das principais espécies de tubarões capturados e suas respectivas artes de pesca por estado do Nordeste.

ESPÉCIE	ESTADO	ARTE DE PESCA	REFERÊNCIA
<i>Carcharhinus acronotus</i>	PE, CE	Linha de mão e espinhel	Hazin, F. et al., 2001 e Santander-Neto, J; Faria V.V, 2020.
<i>Carcharhinus falciformis</i>	PE, CE	Linha de mão e espinhel	Almeida, Zafira 2006 e Hazin, F. et al., 2000.
<i>Carcharhinus porosus</i>	CE, MA, PE	Linha de mão e espinhel	Almeida, Zafira 2006 e Santander-Neto, J; Faria V.V, 2020.
<i>Carcharhinus signatus</i>	CE	Linha de mão e espinhel	Santander-Neto, J; Faria V.V, 2020.
<i>Carcharhinus leucas</i>	MA, PE	Linha de mão e espinhel	Almeida, Zafira 2006 e Hazin, F. et al., 2000.
<i>Carcharhinus obscurus</i>	CE, MA, PE	Linha de mão e espinhel	Almeida, Zafira 2006.
<i>Carcharhinus limbatus</i>	CE, MA, PE	Linha de mão e espinhel	Almeida, Zafira 2006; Santander-Neto, J; Faria V.V, 2020 e Hazin, F. et al., 2000.
<i>Carcharhinus perezii</i>	CE, MA, PE	Linha de mão e espinhel	Almeida, Zafira 2006.
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	MA, PE	Linha de mão e espinhel	Almeida, Zafira 2006; Hazin, F. et al., 2000.
<i>Galeocerdo cuvier</i>	CE, MA, PE	Linha de mão e espinhel	Almeida, Zafira 2006; Santander-Neto, J; Faria V.V, 2020 e Hazin, F. et al., 2000.
<i>Isogomphodon oxyrinchus</i>	MA	Rede de emalhe	Almeida, Zafira 2006.
<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	CE, MA	Linha de mão e rede de emalhe	Almeida, Zafira 2006 e Santander-Neto, J; Faria V.V, 2020.
<i>Rhizoprionodon porosus</i>	CE, MA, PE	Linha de mão e rede de emalhe	Almeida, Zafira 2006 e Santander-Neto, J; Faria V.V, 2020.
<i>Sphyrna tiburo</i>	MA,	Linha de mão e espinhel	Almeida, Zafira 2006.
<i>Sphyrna tudes</i>	CE, MA, PE	Linha de mão e espinhel	Almeida, Zafira 2006.
<i>Sphyrna lewini</i>	CE, MA, PE	Linha de mão e espinhel	Almeida, Zafira 2006 e Santander-Neto, J; Faria V.V, 2020.
<i>Sphyrna mokarran</i>	CE, MA	Linha de mão e espinhel	Almeida, Zafira 2006 e Santander-Neto, J; Faria V.V, 2020.
<i>Ginglymostoma cirratum</i>	CE, PE, MA	Linha de mão	Almeida, Zafira 2006.
<i>Squalus cf. cubensis</i>	CE	Linha de mão e espinhel	Santander-Neto, J; Faria V.V, 2020.
<i>Mustelus sp.</i>	CE, PE	Linha de mão, rede de emalhe	Santander-Neto, J; Faria V.V, 2020.

Em relação à pesca industrial, a espécie de elasmobrânquio mais abundante no oceano Atlântico Sul é o tubarão-azul (*P. glauca*), ocupando a terceira posição entre os recursos mais explorados pelas frotas pesqueiras que utilizam o espinhel. No Nordeste do Brasil, apesar das embarcações espinheleira terem como espécies-alvo os atuns (*Thunnus* sp.) e o espadarte (*Xiphias gladius*), um volume importante de elasmobrânquios é capturado como fauna acompanhante dessa pescaria. Por essa razão, a ICCAT, instituição responsável pela gestão da pesca dos grandes peixes pelágicos em todo o Atlântico, tem adotado, desde 2008, várias medidas de ordenamento e conservação para proteção dos elasmobrânquios, incluindo a proibição de retenção a bordo e/ou comercialização dos tubarões-martelo do gênero *Sphyrna*, do tubarão-lombo-preto (*C. falciformis*), do tubarão-galha-branca-oceânico (*C. longimanus*) e do tubarão-raposa (*Alopias superciliosus*). Informações compiladas de cruzeiros de pesca realizados entre os anos de 1983 e 1997 pela frota de espinhel pelágico que atuava na costa Nordeste do Brasil indicaram uma participação de 54% dos tubarões entre as espécies capturadas. Além do tubarão-azul, espécies do gênero *Carcharhinus* sp. também responderam por um elevado percentual no total das capturas. No mesmo estudo, foi possível comprovar uma forte relação entre a abundância de tubarões do gênero *Carcharhinus* e os montes submarinos da Cadeia Norte Brasileira (Hazin et al., 1998), da mesma forma que para os tubarões-martelo (*Sphyrna* sp.), com os maiores índices de captura sendo registrados também nas circunvizinhanças das ilhas oceânicas e bancos submarinos (Bezerra et al., 2016).

### 3.2. Áreas de ocorrência das principais espécies de raias na costa do Nordeste

Estimativas mundiais relatam que a produção total de raias corresponde a, aproximadamente, 30% das capturas totais de peixes cartilagosos.

No Brasil, porém, as estatísticas da produção pesqueira relativas às raias sempre foram fortemente subestimadas, em razão de não serem, de maneira geral, reportadas (Bornatowski et al., 2017). Mesmo quando as capturas são informadas, porém, as espécies são constantemente agrupadas sob uma única categoria “raias”, impossibilitando o controle e manejo de suas pescarias (Bornatowski et al., 2017; Santander-Neto & Faria, 2020).

No Nordeste do Brasil, as raias mais capturadas pela frota artesanal são principalmente pertencentes à família Dasyatidae, com destaque para a raia-bicuda (*Hypanus guttatus*), capturada comumente como fauna acompanhante em pescarias com redes de arrasto, rede de emalhe, linha-de-mão e espinhel-de-fundo (Tab. 8.3), nos estados do Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Sergipe e Bahia (Lessa, 1986; Meneses et al., 2005; Yokota & Lessa, 2006; Melo, 2016). A predominância da espécie nas diversas pescarias ao longo da costa do Nordeste pode estar associada ao fato da *H. guttatus* ocorrer naturalmente em ambientes rasos, até 10 m de profundidade, facilitando a sua interação com os aparelhos de pesca utilizados nos diferentes estados (Melo, 2016).

Um outro dasiatídeo com participação importante nas capturas de raias na costa nordestina é a raia prego (*H. berthaltzae*), especialmente no estado do Ceará, onde apresentou os maiores valores de abundância relativa entre todas as espécies de elasmobrânquios observadas nos desembarques de pescarias de pequena escala, no porto de Mucuripe (CE), contribuindo com 52% dos peixes cartilagosos registrados (Santander-Neto & Faria, 2020). Apesar de sua presença comum em toda a costa Nordeste, a forte predominância da espécie no estado do Ceará parece indicar que a região possui uma das maiores agregações da raia prego em águas costeiras do Brasil. No estado de Pernambuco, entre os anos de 2004 e 2014, no âmbito do PROTUBA, a raia prego foi registrada em capturas incidentais com o uso de espinhel e

linhas de espera, sendo igualmente considerada a espécie de raia mais capturada, respondendo por 71% das capturas de raias. Embora a raia prego tenha sido a espécie mais frequente ao longo da pesquisa, os resultados parecem indicar que a população observada na costa de Recife (PE) é provavelmente pouco numerosa, a julgar pelos baixos índices de captura observados, se considerado o montante de todas as capturas (Branco-Nunes, 2015).

No estado do Rio Grande do Norte, por sua vez, a região de Caiçara do Norte é reconhecida como uma importante região de berçário, devido a agregação de fêmeas grávidas e indivíduos juvenis de 11 espécies de elasmobrânquios costeiros, entre os quais sete espécies foram de raia: *Gymnura micrura*, *Pseudobatos percellens*, *Hypanus guttatus*, *Hypanus marianae*, *Narcine brasiliensis*, *Aetobatus narinari* e *Rhinoptera bonasus* (Yokota, 2005). Ao longo do monitoramento das capturas, foram identificadas 1.199 raias, capturadas por arrasto de praia, apetrecho de pesca pouco seletivo utilizado para captura de camarão. As espécies *Gymnura micrura*, *Hypanus guttatus* e *Pseudobatos percellens* foram as mais frequentes, representando 52%, 26% e 17%, respectivamente, do total de raias capturadas. Todos os espécimes de raias capturados eram juvenis ou neonatos, destacando a importância da área como berçário para as raias costeiras e enfatizando a necessidade de medidas para garantir a sua conservação (Lessa et al., 2015).

Entre as espécies que apresentam hábitos oceânicos e são capturadas incidentalmente pela pesca de espinhel pelágico, destaca-se a *Pteroplatytrygon violacea*, única espécie da família Dasyatidae com hábitos exclusivamente pelágicos (Wilson & Beckett, 1970). Com distribuição mundial, em mares e oceanos tropicais e subtropicais, a espécie é comumente registrada como fauna acompanhante em pescarias ao largo da costa Nordeste (Menni et al., 1995;

Véras, 2012). Embora de ocorrência muito mais rara na pesca de espinhel, algumas espécies de Mobulídeos, como *Mobula thurstoni*, *Mobula hypostoma* e *Mobula birostris* já foram registradas em capturas incidentais nos estados do Ceará, Rio Grande Norte e Alagoas (Yokota, 2005; Queiroz et al., 2008; Rangely et al., 2010).

A despeito do grupo das raias ser considerado o mais diversos entre os condrictes (Last et al., 2016), aproximadamente 40% das espécies globalmente avaliadas são classificadas na categoria DD (Dados Insuficientes) pela Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN, dificultando fortemente o desenvolvimento de ações de gestão e manejo para o grupo. Nesse sentido, é extremamente importante a ampliação de esforços de pesquisa, ao longo do litoral nordestino, no intuito de se identificar as espécies que interagem com a atividade pesqueira, incluindo as artes e esforço de pesca empregados, a fim de permitir uma avaliação adequada dos estoques explorados.

## 4. COMPILAÇÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA SOBRE ELASMOBRÂNQUIOS

A fim de avaliar o conhecimento científico produzido nos programas de pós-graduação no Nordeste acerca da temática, foram realizadas buscas na plataforma da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. As palavras-chave utilizadas foram “tubarão”, “raia”, e “elasmobrânquio”. Em seguida, os documentos foram filtrados por localidade de estudo, com o objetivo de selecionar apenas os trabalhos desenvolvidos no Nordeste do país. O mecanismo de “busca avançada” da plataforma também foi utilizado para obter resultados mais precisos. O levantamento na BDTD resultou no total de 89 dissertações e teses desenvolvidas entre os anos de 1999 a 2020 (Fig. 8.8).

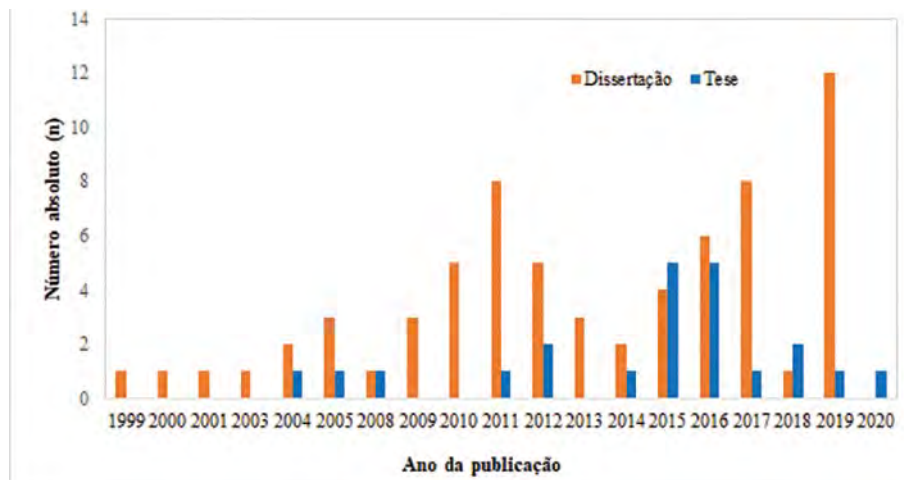


**Tabela 8.3** Detalhamentos das principais espécies de raias capturadas em diferentes estados, na costa do Nordeste, e suas respectivas artes de pesca.

ESPÉCIE	ESTADO	ARTE DE PESCA	REFERÊNCIA
<i>Aetobatus narinari</i>	MA, RN, PE, AL	Rede de emalhe, arrasto de praia, linha de mão, espinhel.	Yokota, 2005; Nunes et al., 2005; Rangely et al., 2010; Branco-Nunes, 2015.
<i>Gymnura micrura</i>	MA, RN, AL	Arrasto de praia, rede de emalhe.	Rangely et al., 2010; Nunes et al., 2005; Lessa et al., 2015.
<i>Hypanus berthallutzae</i>	CE, RN, PE, AL	Espinhel de fundo e pelágico, rede de emalhe, linha de mão.	Yokota, 2005; Rangely et al., 2010; Basílio, 2011; Branco-Nunes, 2015.
<i>Hypanus guttatus</i>	MA, CE, RN, PE, AL	Arrasto de praia, rede de arrasto, linha de mão, rede de emalhe.	Yokota, 2005; Nunes et al., 2005; Rangely et al., 2010; Lessa et al., 2015; Melo, 2016.
<i>Hypanus marianae</i>	RN, AL	Rede de emalhe, linha de mão.	Yokota, 2005; Rangely et al., 2010.
<i>Pseudobatos percellens</i>	MA, RN, AL	Arrasto de praia, rede de emalhe.	Nunes et al., 2005; Rangely et al., 2010; Lessa et al., 2015.
<i>Rhinoptera bonasus</i>	MA, RN, AL	Rede de emalhe, arrasto de praia.	Yokota, 2005, Nunes et al., 2005; Rangely et al., 2010.

Após 2010, houve um aumento significativo na produção científica sobre elasmobrânquios no Nordeste, com destaque para os anos de 2015-2016 e 2019, períodos com o maior número de teses (5) e dissertações (12) publicadas, respectivamente. A maior parte da literatura analisada correspondeu à dissertações de mestrado (n= 67; 75%), com as teses de doutorado contribuindo com 25 %

(n= 22) dos resultados. Estudos cujo enfoque principal foram as espécies de tubarões representaram 75% (n= 67), com as raias, correspondendo a 25% (n=22) dos temas abordados. Pouco mais da metade dos estudos foram produzidos por mulheres (n= 48; 54%) e 46% (n= 41) por homens, sugerindo uma tendência para a equidade de sexo na pesquisa científica relacionada aos elasmobrânquios.



**Figura 8.8** Trabalhos publicados sobre a temática de tubarões e raias no Nordeste do Brasil, entre os anos de 1999 e 2020, disponíveis na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações.

Para avaliar as linhas de pesquisas prioritárias desenvolvidas nos programas de pós-graduação relacionadas à temática dos elasmobrânquios, foram criadas cinco grandes categorias, tomando-se como base os títulos e as palavras-chave das dissertações e teses. Os seguintes eixos temáticos caracterizaram de forma mais abrangente o levantamento bibliográfico realizado:

**I. Biologia da conservação:** estudos sobre distribuição, abundância, capturabilidade, ecologia e conservação de tubarões e raias.

**II. Dinâmica populacional:** temas relacionados à reprodução, alimentação, idade, crescimento e genética de elasmobrânquios.

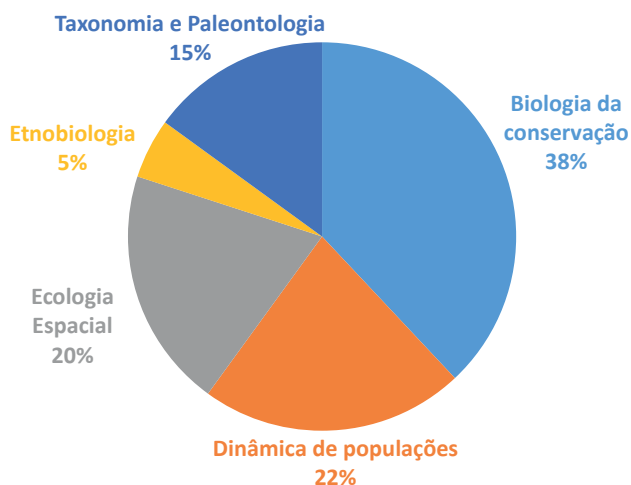
**III. Ecologia espacial:** trabalhos sobre a utilização de área, movimentação vertical e horizontal e migração de tubarões e raias com o uso de transmissores e *Baited Remote Underwater Video* (BRUV).

**IV. Sistemática taxonômica e paleontologia:** descrição de espécies novas, caracterização morfológica e identificação de fósseis de tubarões e raias.

**V. Etnobiologia:** estudos sobre a relação entre os seres humanos e os elasmobrânquios no seu ambiente, incluindo os trabalhos sobre incidentes com tubarões em Pernambuco.

Estudos relacionados à biologia da conservação dos elasmobrânquios foram os mais frequentes nas dissertações e teses desenvolvidas no Nordeste do Brasil, seguido pelos trabalhos que versaram sobre a dinâmica das populações, ecologia espacial, taxonomia e paleontologia e etnobiologia (Fig. 8.9). No tema relacionado à biologia da conservação, estão inseridos trabalhos sobre a distribuição e abundância dos elasmobrânquios produzidos a partir da base de dados provenientes da frota pesqueira industrial ou do acompanhamento de desembarques. Além de sua importância para a compreensão da ecologia das espécies, esses estudos não requerem um grande investimento financeiro, o que explica a

sua predominância entre as linhas de pesquisa. Em razão do recente aprimoramento das tecnologias para monitorar animais remotamente, por sua vez, o tema ecologia espacial vivenciou um incremento significativo no número de pesquisas nos últimos anos. Por fim, as dissertações e teses desenvolvidas com os temas voltados para ecologia espacial e etnobiologia começaram a ser publicadas somente a partir de 2010, sendo, portanto, linhas de pesquisas recentes, o que pode ser justificado pela crescente preocupação com a realização de estudos por meio de metodologias que não exijam a coleta e/ou sacrifício dos animais.



**Figura 8.9** Linhas de pesquisas prioritárias desenvolvidas nos programas de pós-graduação no Nordeste do Brasil relacionadas ao conhecimento sobre tubarões e raias.

## 5. PESQUISAS COM ELASMOBRÂNQUIOS DESENVOLVIDAS NO NORDESTE

### Ceará

O estado do Ceará, com extensão litorânea de 574 km, é um dos mais produtivos da região, do ponto de vista pesqueiro, com a pesca na região sendo realizada de forma predominantemente artesanal, com dinâmicas e atributos bastante diversificados, a depender da localidade ou da

espécie alvo. Com o declínio de recursos tradicionais de peixes e crustáceos com importância comercial, porém, os tubarões e raias têm sido capturados de forma crescente, como recursos alternativos.

O Porto do Mucuripe (03°43'00"S; 038°28'07"W), localizado em Fortaleza- CE, foi projetado para receber a atracação de navios e demais operações de desembarque/ embarque de mercadorias e passageiros (Docas do Ceará). Na área de influência do Porto do Mucuripe, existe uma grande variedade de embarcações artesanais de pesca, com destaque para as jangadas (25%), os paquetes (24%) e os botes (23%), com ou sem motor de popa. As jangadas normalmente possuem um maior tamanho, variando entre 5 e 7,5 m de comprimento, seguidas dos paquetes e dos botes a remo, que são as menores embarcações utilizadas. Quanto aos apetrechos de pesca, os pescadores artesanais utilizam majoritariamente a linha de mão com anzol e a rede de emalhar de superfície e de fundo, em profundidades que variam de 10 a 120 m (Menezes et al., 2019).

Diversos estudos sobre a atividade pesqueira têm sido realizados na região, desde trabalhos sobre a caracterização das artes de pesca e tipos de embarcações, até a composição do pescado desembarcado no porto. Além do acompanhamento dos desembarques, que tem permitido identificar as principais espécies de elasmobrânquios capturadas (Santander-Neto & Faria, 2020), trabalhos sobre os aspectos reprodutivos das espécies mais abundantes também têm sido desenvolvidos. Entre setembro de 2012 e junho de 2013, por exemplo, a morfologia reprodutiva do tubarão-lixo (*G. cirratum*) foi estudada, de forma pioneira no Nordeste, com base em espécimes oriundos da pesca artesanal a partir do Porto de Mucuripe (Rêgo et al., 2019).

Outro estudo sobre elasmobrânquios foi desenvolvido no município de Itarema (02°55'13"S; 39°54'54"W), no Ceará, no período de novembro de 2007 a outubro de 2009, a partir do monitoramento da pesca artesanal com curral, com foco na biologia reprodutiva da raia mariquita (*Hypanus marianae*) (Fig. 8.10A), que é a menor espécie da família



**Figura 8.10** Espécies de raias capturadas no município de Itarema-CE: **A)** *Hypanus marianae*, **B)** *Aetobatus narinari*, **C)** *Pseudobatos percellens* e **D)** *Narcine brasiliensis*. **Fotos** Ana Rita Palmeira-Nunes.

Dasyatidae no Brasil. Embora a pesquisa tivesse o foco na *H. marianae*, foram registradas várias outras espécies de elasmobrânquios nos currais de pesca da região, inclusive de tubarões, mesmo com a entrada da armadilha de tamanho bastante reduzido. As espécies mais comuns de raias capturadas foram: *Aetobatus narinari* (Fig. 8.10B), *Pseudobatos percellens* (Fig. 8.10C), *Hypanus guttatus*, *Rhinoptera bonasus* e *Narcine brasiliensis* (Fig. 8.10D). Embora as raias não sejam comercializadas em razão do seu baixo valor, os pescadores as utilizam para consumo de subsistência. A despeito da maior sazonalidade na exploração dos recursos efetuados pela pesca artesanal, quando comparada com a atividade industrial, é fundamental que as capturas dessa pescaria sejam monitoradas com vistas a proteger as populações de elasmobrânquios presentes na região (Palmeira-Nunes et al., 2019).

## Maranhão

Embora o Maranhão politicamente pertença à região Nordeste, o seu ecossistema costeiro faz parte do litoral amazônico, de forma que várias espécies estuarinas endêmicas do norte da América do Sul ocorrem no estado, como o tubarão quati *Isogomphodon oxyrinchus* e a raia bicuda *Fontitrygon geijskesi*, além de uma espécie recifal endêmica do Nordeste brasileiro, a raia mariquita *Hypanus marianae*, registrada no perímetro dos recifes amazônicos (Parcel de Manuel Luís). O início das pesquisas com elasmobrânquios no Maranhão, nas décadas de 1980 e 1990, foi marcado pelo foco na sistemática, morfometria, dinâmica populacional, biologia reprodutiva e hábito alimentar, principalmente sobre as espécies de tubarão *Isogomphodon oxyrinchus*, *Carcharhinus porosus*, *Sphyrna tiburo* e *Rhizoprionodon porosus* (Lessa, 1986; Lessa & Almeida, 1997). Com a formação do Grupo de Estudos de Elasmobrânquios do Maranhão (GEEM), em 1997, os elasmobrânquios ganharam maior foco de pesquisa na região, com estudos voltados

para as raias passando a ter maior expressividade, a partir de 2000, com a realização de trabalhos com a *Urotrygon microphthalmum* e a *Hypanus guttatus* (Carvalho-Neta & Almeida, 2002; Nunes et al., 2005). Na última década, novos pesquisadores passaram a incorporar o grupo de estudos, a fim de desenvolver pesquisas sobre etnoecologia e biologia molecular de elasmobrânquios, temas inéditos até então para a região (Feitosa et al., 2018; Martins et al., 2018). A nova abordagem aportou informações relevantes para a conservação do grupo, com novos registros de elasmobrânquios para o estado, como *Pristis pristis*, *I. oxyrinchus*, *C. porosus* e *Carcharhinus leucas* (Nunes et al., 2016; Wosnick et al., 2019; Feitosa & Nunes, 2020). Pesquisas atuais na linha de ecofisiologia, ecotoxicologia, biologia molecular, biogeografia e conservação encontram-se em andamento, em conjunto com estudos de ultraestruturas, poluentes orgânicos permanentes, microquímica, DNA ambiental, parasitologia e isótopos estáveis, com tendência à utilização de técnicas não-letais.

## Pernambuco

Resultante em sua maior parte do Programa REVIZEE, o conhecimento acerca da diversidade de elasmobrânquios de profundidade no Brasil ainda é fragmentado, baseando-se principalmente em registros ocasionais provenientes da pesca comercial ou científica, de forma que a fauna acompanhante de elasmobrânquios dessas pescarias é constituída de espécies com aspectos biológicos e ecológicos ainda pouco conhecidos. O Projeto Ecologia e Pesca de Espécies Pelágicas Oceânicas e Demersais de Profundidade na Costa Nordeste e Ilhas Oceânicas do Brasil visou, entre outras, analisar a diversidade de tubarões demersais de profundidade (>200 m) do talude continental do estado de Pernambuco e estudar a sua biologia, a fim de contribuir para uma maior compreensão dos processos ecológicos dos ecossistemas de águas profundas.

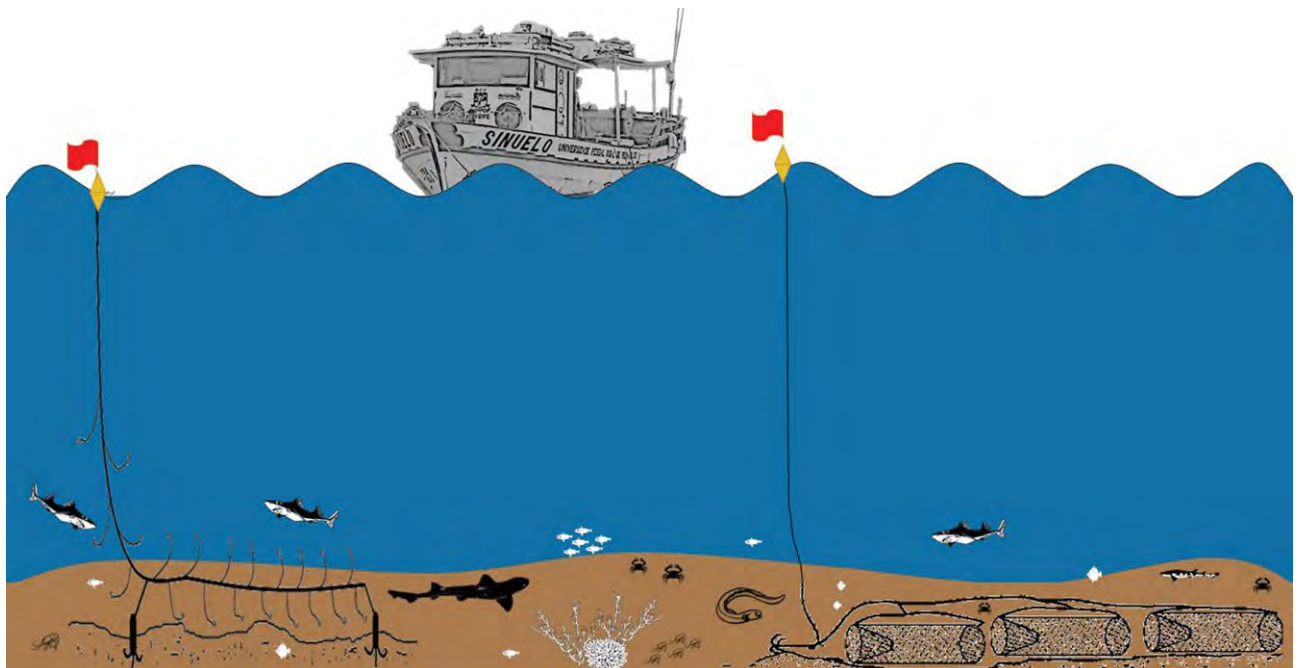
As capturas foram realizadas na costa pernambucana, com base em prospecções pesqueiras realizadas entre os anos de 2014 e 2018, utilizando armadilhas de fundo (covos) e espinhel de fundo em profundidades de 200 a 600 m (Fig. 8.11). As operações de pesca resultaram na captura de sete espécies, com as famílias Squalidae e Scyliorhinidae apresentando as maiores abundâncias, com a última sendo incrementada por uma nova espécie para a ciência. As espécies do gênero *Squalus* tiveram seus códigos genéticos acessados e disponibilizados na base de dados *Barcode of Life Data* (BOLD), além da realização de uma ampliação da descrição dos caracteres taxonômicos e avaliação dos aspectos reprodutivos. O estudo revelou uma população adulta nas profundidades de captura, podendo indicar uma possível agregação reprodutiva.

Exemplares de todas as espécies, ou partes (condrocânio e cintura pélvica), foram depositados em coleções científicas do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e do Museu de Oceanografia da Universidade Federal

de Pernambuco (MOCH- UFPE), além da coleção didática do Núcleo de Educação Ambiental (NEA) do Laboratório de Oceanografia Pesqueira (LOP) da UFRPE.

### Atol das Rocas

Os trabalhos desenvolvidos com os tubarões e raias, no Atol das Rocas, foram iniciados em 1997, quando foi proposta a realização de um levantamento da fauna de elasmobrânquios, bem como a investigação dos aspectos comportamentais do tubarão-lixo (*Ginglymostoma cirratum*) e do tubarão-limão (*Negaprion brevirostris*) (Fig. 8.12A). A partir de observações subaquáticas diretas, Oliveira (2001) identificou as espécies com registro de ocorrência, ressaltando a presença dos tubarões *G. cirratum* (Fig. 8.12B), *N. brevirostris*, *Carcharhinus falciformis* e *Carcharhinus plumbeus*, além das raias *Hypanus berthallutzae* e *Aetobatus narinari* (Fig. 8.12C). A posteriori, pesquisas científicas específicas foram iniciadas, com foco nas espécies mais abundantes na reserva.

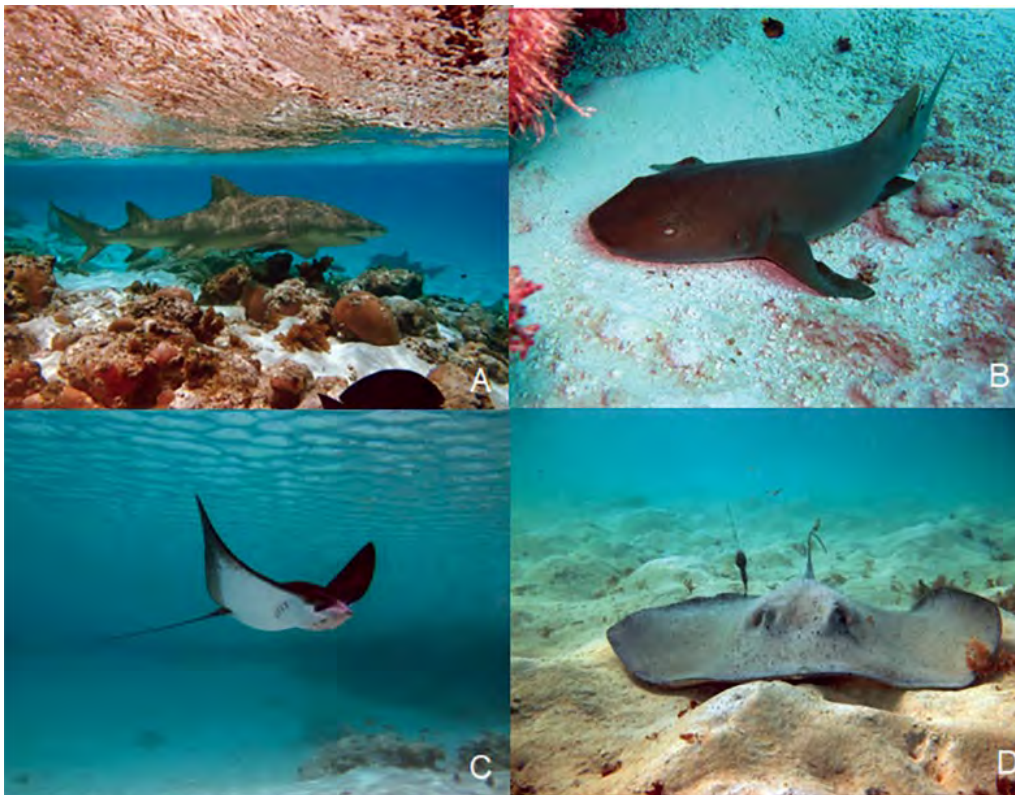


**Figura 8.11** Representação gráfica dos aparelhos de pesca. **A)** espinhel e **B)** armadilhas de fundo. \*A ilustração não representa a escala real dos elementos.

O Atol das Rocas foi identificado como área de berçário para o tubarão-limão, com forte predominância de juvenis da espécie no interior do Atol, especialmente em uma área denominada de Baía da Lama, a qual concentra espécimes nas primeiras fases do seu ciclo de vida. A proporção sexual foi muito próxima de 1:1, com 53% de fêmeas e 47% de machos da espécie, além de uma taxa de sobrevivência de 19% a 54% para os primeiros anos de vida (Freitas et al., 2006). Um monitoramento acústico, para avaliação do uso do habitat de jovens de tubarão-limão, também foi realizado, ressaltando a movimentação restrita dos espécimes em águas rasas, em diferentes amplitudes de maré (Wetherbee et al., 2007). A espécie se mostrou mais frequente nos meses do inverno, diferentemente do tubarão-lixo que apresentou maior ocorrência no verão (Agra, 2009). A predominância de fêmeas de *G. cirratum* em relação aos machos (Castro & Rosa, 2005), a observação de marcas de cópula nas suas nadadeiras dorsais e laterais, além da presença de cápsulas embrionárias vazias em diversas localidades do

Atol, caracterizam essa região insular como área de berçário para o tubarão-lixo (Agra, 2009).

Uma outra espécie estudada no Atol das Rocas foi a raia *H. berthallutzae*, por meio do monitoramento de suas ocorrências, realizado entre os anos de 2003 e 2013, a partir de censos visuais subaquáticos, constatando-se uma forte predominância de fêmeas adultas no interior do Atol (Branco-Nunes, 2015). A partir dos resultados obtidos, foi proposta a investigação da movimentação vertical da espécie, no interior e nas circunvizinhanças do Atol das Rocas, a partir do uso de transmissores eletrônicos via satélite (MiniPat) (Fig. 8.12D), evidenciando que as áreas de baixa profundidade, com águas de temperatura mais elevada, constituem um dos habitats essenciais para espécie, além de indicarem uma forte fidelidade local (Branco-Nunes et al., 2016). Apesar do considerável volume de trabalhos científicos desenvolvido na REBIO Atol das Rocas, a partir do uso de metodologias não letais, é extremamente importante o estabelecimento



**Figura 8.12**

Representantes das espécies mais frequentes da REBIO Atol das Rocas:

- A)** *Negaprion brevirostris*,
- B)** *Ginglymostoma cirratum*,
- C)** *Aetobatus narinari*
- D)** *Hypanus berthallutzae* marcada com transmissor eletrônico (MiniPat).

**Fotos** Dráusio Vêras.

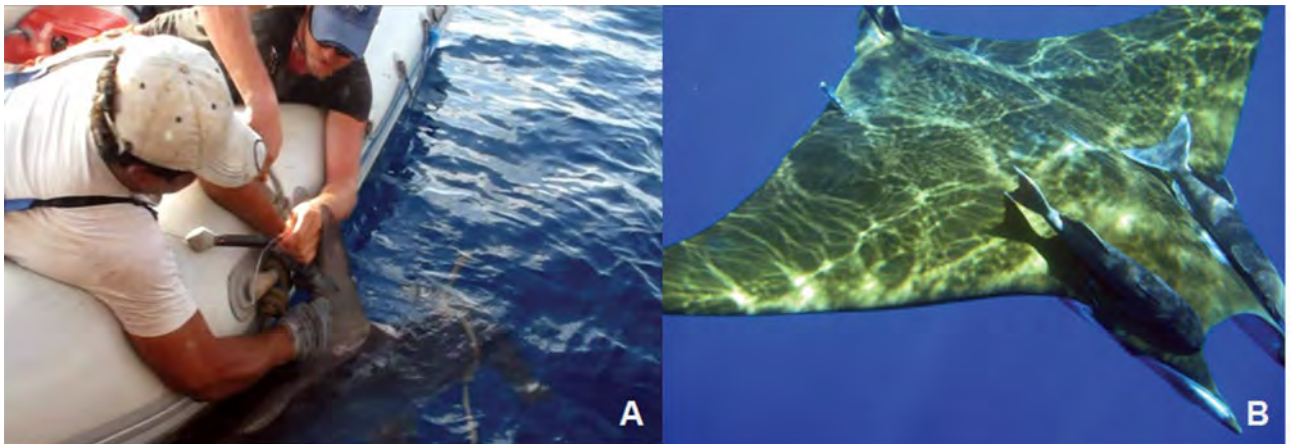
de um programa contínuo de monitoramento dos tubarões e raias da REBIO, haja vista a vulnerabilidade dessas espécies em outras regiões da costa do Nordeste.

### Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP)

O Laboratório de Oceanografia Pesqueira da UFRPE vem conduzindo desde 1998, pesquisas relacionadas à ecologia, censo visual, foto-identificação, comportamento, estrutura populacional, uso do habitat e migração de elasmobrânquios no ASPSP. Por serem métodos de pesquisa não letais que apresenta um mínimo impacto ecológico, diferentemente de outras métodos que sacrificam os animais, essas metodologias têm sido especialmente utilizadas em áreas marinhas protegidas (AMP). Os estudos pioneiros, desenvolvidos por pesquisadores da UFRPE, vêm desvendando as prováveis rotas migratórias, ciclos de vida e a ecologia das espécies monitoradas com transmissores eletrônicos a partir do ASPSP.

Os principais elasmobrânquios estudados no ASPSP até o momento foram o tubarão-martelo (*S. lewini*) (Fig. 8.13A), o tubarão-lombo-preto (*C. falciformis*),

o tubarão-de-Galápagos (*C. galapagensis*), o tubarão-baleia (*R. typus*) e a raia-manta-chilena (*M. tarapacana*) (Fig. 8.13B). As espécies citadas receberam diferentes tipos de marcas eletrônicas, dependendo do objetivo específico atribuído ao estudo de cada animal. A partir da marcação das espécies, foi possível identificar, por exemplo, a segregação interespecífica entre as duas espécies mais abundantes na região: o tubarão-de-Galápagos e o tubarão-lombo-preto, com a porção oeste, região mais abrigada da ilha, apresentando o maior número de detecções do *C. galapagensis*, e a leste, uma maior frequência do *C. falciformis*. O tubarão-martelo, por sua vez, realiza movimentos circadianos de chegadas e partidas ao ASPSP, efetuando incursões profundas afastadas da ilha, durante a noite, e retornando para as circunvizinhanças do arquipélago, ao amanhecer. Já para o tubarão-baleia e para a raia-manta-chilena, o ASPSP é um ponto de parada durante as suas migrações sazonais, servindo como uma área de alimentação e descanso para essas espécies. Embora ambas tenham ocorrências registradas na ilha durante todo o ano, existe uma maior abundância do tubarão-baleia e da raia-manta-chilena no primeiro semestre, impulsionada, possivelmente, pela desova de peixe-voador (*Cheilopogon cyanopterus*) na região. Além disso,



**Figura 8.13** Monitoramento com transmissores eletrônicos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo: **A)** Tubarão-martelo (*S. lewini*) e **B)** Raia-manta-chilena (*M. tarapacana*). **Fotos** Natalia Bezerra e Bruno Macena.

resultados dos censos visuais e foto-identificação apontaram evidências de que o ASPSP é uma área de corte e acasalamento (*mating*) para essas espécies, devido a presença de fêmeas com ventre abaulado e machos com cláspers desgastados. Nos últimos 20 anos de pesquisas realizadas na região, foi possível avançar significativamente no conhecimento sobre a ecologia e o comportamento migratório dessas espécies, monitoradas a partir do ASPSP (Hazin et al. 2018).

## 6. INTERAÇÕES ENTRE SERES HUMANOS E TUBARÕES

Os tubarões estão presentes no imaginário popular como seres amedrontadores e assassinos vorazes, com a capacidade de vitimar presas em poucos segundos. Parte desse folclore é proveniente da mescla de elementos cinematográficos e biográficos, que mistificaram a imagem dos tubarões como os protagonistas de uma trama em que o enredo é baseado nos violentos ataques de tubarões a seres humanos, caracterizando-os como os grandes vilões dos oceanos. Contrapondo-se à fábula criada em torno desse grupo, porém, das cerca de 500 espécies de tubarões descritas mundialmente, apenas três apresentam maior incidência de incidentes com seres humanos: o tubarão-branco (*Carcharodon carcharias*), o tubarão-cabeça-chata (*C. leucas*) e o tubarão tigre (*G. cuvier*).

O forte crescimento populacional nas últimas décadas, que culminou no incremento da utilização dos espaços de praias, propiciou também um aumento significativo no número de encontros incidentais entre tubarões e humanos. Além do aumento da presença humana na orla, fatores como a sobrepesca e a poluição dos ambientes aquáticos, que desencadeia a perda de habitats essenciais para esses animais, são os principais problemas causados pelos humanos que interferem diretamente no desequilíbrio do ecossistema marinho, contribuindo

para o aumento do número de incidentes com tubarões em todo o mundo.

Segundo o Arquivo Internacional de Ataques de Tubarão (*International Shark Attack File- ISAF*), o Brasil é o quarto país em número de incidentes com tubarão (107) no mundo, antecedido apenas pelos Estados Unidos (1.483), Austrália (652) e África do Sul (255). Iniciado em 1958, o ISAF é um banco de dados mundial em que são compilados registros históricos e atuais de todos os incidentes com tubarões, desde 1500. De acordo os dados da ISAF, em cinco estados do Nordeste, existem registros de incidentes com tubarões: Pernambuco (59), Maranhão (10), Bahia (5), Ceará (5) e Rio Grande do Norte (4). Mais da metade de todos os incidentes contabilizados no Brasil, portanto, ocorreram em águas da Região Metropolitana de Recife, no estado de Pernambuco, em uma área litorânea urbana com elevada influência antrópica, a partir de 1994.

Devido ao surto de incidentes no início da década de 1990, foi criado o Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões (CEMIT), com o objetivo de desenvolver uma série de ações para mitigar os incidentes e suas consequências no estado. O CEMIT contabilizou, até a presente data, 65 registros de incidentes com tubarões em Pernambuco, incluindo a ilha de Fernando de Noronha, sendo a praia de Piedade, local onde não há uma barreira de proteção de arrecifes e que possui um canal profundo que perpassa as proximidades da praia, um dos pontos mais críticos da orla, com o maior número de incidentes registrados no estado.

Juntamente com outras entidades que compõem o CEMIT, a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) capitaneou por mais de 10 anos as pesquisas no litoral pernambucano com o barco Sinuelo, no intuito de elucidar a biologia, ecologia e o comportamento migratório dos tubarões e raias no estado. Os estudos revelaram que o tubarão tigre, uma das espécies comprovadamente responsáveis pelos incidentes com banhistas, frequenta as águas



próximas das praias no primeiro ano de nascimento, especialmente entre os meses de janeiro a setembro. No mesmo trabalho, foi possível inferir que os animais de maior porte visitam de forma ocasional as áreas mais próximas da costa pernambucana, permanecendo pouco tempo nesses locais, seguindo posteriormente os seus extensos movimentos migratórios afastados das praias, em direção ao norte (Afonso et al., 2014). Embora seja uma das espécies comprovadamente relacionadas aos incidentes em Pernambuco, a presença do tubarão-cabeça-chata na região é bem menor do que a do tubarão tigre, levando-se em consideração as reduzidas taxas de captura da espécie alcançadas durante o PROTUBA. O único exemplar monitorado com sucesso da espécie, a partir do litoral de Pernambuco, migrou por aproximadamente 820 km em direção ao sul do estado da Bahia, não tendo sido registrado o seu movimento de retorno para a região (Niella et al., 2017).

Outro trabalho de extrema relevância desenvolvido pela UFRPE juntamente com o Instituto Oceanário (Fig. 8.14A) e o Núcleo de Educação Ambiental (Fig. 8.14B) foi o de educação ambiental na Região Metropolitana de Recife (RMR), que teve o objetivo de decodificar o conhecimento produzido pela academia em informações de fácil compreensão para a população, proporcionado assim a democratização do conhecimento científico. As ações de educação ambiental foram realizadas nas praias, escolas, universidades e empresas da RMR, através da sensibilização dos participantes quanto a problemática dos incidentes com tubarão no estado, assim como quanto as suas possíveis causas. Além de informar sobre os riscos reais de um ataque e sobre os cuidados a serem observados no intuito de se evitar tais incidentes, os educadores trabalhavam para desmistificar a imagem negativa que os tubarões possuem junto a sociedade, através da disponibilização de informações sobre o importante papel biológico que esses animais exercem nos ecossistemas marinhos.



**Figura 8.14 A)** Ações de educação ambiental promovidas pelo Instituto Oceanário e **B)** Núcleo de Educação Ambiental da UFRPE. **Fotos** Natalia Bezerra e Mariana Azevedo.

## REFERÊNCIAS

- ABEL, D.C.; GRUBBS, R. D. **Shark Biology and Conservation**. 1. ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2020. 692 p.
- AFONSO, A. S.; GARLA, R.; HAZIN, F. H. V. **Tiger sharks can connect equatorial habitats and fisheries across the Atlantic Ocean basin**. *PLoS one*, v. 12, n. 9, p. e0184763, 2017.
- AFONSO, A. S.; HAZIN, F. H. V. **Post-release survival and behavior and exposure to fisheries in juvenile tiger sharks, *Galeocerdo cuvier*, from the south Atlantic**. *J Expe Mar Biol Ecol.*, v. 454, p. 55–62, 2014
- AGRA, G. 2009. **Organização social de elasmobrânquios na Reserva Biológica do Atol das Rocas, Brasil**. 64 p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2009.
- ALMEIDA, Z. S. **Levantamento e ocorrência de elasmobrânquios capturados pela pesca artesanal no litoral do Maranhão**. *Boletim SBBEL*, v. 4, p. 10, 1999.
- BARRETO, R. R.; BORNATOWSKI, H.; MOTTA, F. S.; SANTANDER-NETO, J.; VIANNA, G. M. S.; LESSA, R. P. **Rethinking use and trade of pelagic sharks from Brazil**. *Marine Policy*, v. 85, p. 114-122, 2017.
- BARRETO, R.; FERRETTI, F.; FLEMMING, J. M.; AMORIM, A.; ANDRADE, H.; WORM, B.; LESSA, R. **Trends in the exploitation of South Atlantic shark populations**. *Conservation Biology*, v. 0, p. 1–13, 2015.
- BEZERRA, N.P.A., P. TRAVASSOS, F.H.V. HAZIN. **Vulnerability to longline fisheries of three hammerhead shark *Sphyrna* species in the south-western and equatorial Atlantic Ocean**. *Journal of Fish Biology*, v. 89, p. 1419–1433, 2016.
- BORNATOWSKI, H.; BRAGA, R.R.; BARRETO, R.P. **Elasmobranchs Consumption in Brazil: Impacts and Consequences**. In: ROSSI-SANTOS, M.R.; FINKL, C.W. (ed.). *Advances in Marine Vertebrate Research in Latin America*. Springer. Chap. 10, p. 251–262, 2017.
- BRANCO-NUNES, I.S.L. **Ecologia da raia, *Dasyatis americana* (Hildebrand & Schroeder, 1928), na Região Metropolitana do Recife - PE e na ReBio Atol das Rocas, Brasil**. 129 p. Tese (Doutorado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2015.
- BRANCO-NUNES, I., VERAS, D., OLIVEIRA, P., AND HAZIN, F. **Vertical movements of the southern stingray, *Dasyatis americana* (Hildebrand and Schroeder, 1928) in the Biological Reserve of the Rocas Atoll, Brazil**. *Latin American Journal of Aquatic Research*, v. 44, n. 2, p. 216–227, 2016.
- CAILLIET, G.M.; GOLDMAN, K.J. **Age determination and validation in Chondrichthyan Fishes**. In: CARRIER, J. C.; MUSICK, J. A.; HEITHAUS, M. R. (eds.). *Biology of sharks and their relatives*. Boca Raton: CRC Press. Chap. 14, p. 399- 448, 2004.
- CAMHI, M.D. **Conservation Status of Pelagic Elasmobranchs**. In: PIKITCH, E.K.; CAMHI, M.D.; BABCOCK, E.A (eds.). *Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation*. Oxford: Blackwell Publishing. Chap. 33, p. 397-417, 2008.
- CARRIER, J. C.; PRATT, H.L.; CASTRO, J. I. **Reproductive Biology of Elasmobranchs**. In: CARRIER, J. C.; MUSICK, J. A.; HEITHAUS, M. R. (eds.). *Biology of sharks and their relatives*. Boca Raton: CRC Press. Chap. 10, p. 269- 285, 2004.
- CARVALHO, F.; AHRENS, R.; MURIE, D.; BIGELOW, K.; AIRES-DA-SILVA, A.; MAUNDER, M.N.; HAZIN, F. **Using pop-up satellite archival tags to inform selectivity in fisheries stock assessment models: a case study for the blue shark in the South Atlantic Ocean**. *ICES Journal of Marine Science*, v. 72, n. 6, p. 1715–1730, 2015.
- CARVALHO-NETA, R.N.F.; ALMEIDA, Z.S. **Aspectos alimentares de *Dasyatis guttata* (Elasmobranchii, Dasyatidae) na costa Maranhense**. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, v. 14/15, p. 77-98, 2002.
- CASTRO, A.L.F.; ROSA, R.S. **Use of natural marks on population estimates of the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*, at Atol das Rocas Biological Reserve, Brazil**. *Environmental Biology of Fishes*, v. 72, p. 213–221, 2005.
- CASTRO, J. I.; SATO, K.; BODINE, A. B. **A novel mode of embryonic nutrition in the tiger shark, *Galeocerdo cuvier***. *Marine Biology Research*, v.12, n. 2, p. 200-205, 2016.
- COMPAGNO, L.J.V.; DANDO, M.; FOWLER, S. **Sharks of the World. New Jersey: Princeton University Press, 2005**. 368 p.
- GRUBER, S. H. **Discovering Sharks**. Amer Littoral Society, 1991. p. 121.
- DENT F; CLARKE S. **State of the global market for shark products**. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 590*. Rome: Food & Agriculture Org., 2015. 187 p.
- DULVY, N.K., et al. **You can swim but you can't hide: the global status and conservation of oceanic pelagic sharks and rays**. *Aquatic Conservation*, v. 18, p. 459–482, 2008.
- DULVY, N. K.; HARRISSON, L. R.; CARLSON, J. K.; DAVIDSON, L. N. K.; FORDHAM, S. V.; FRANCIS, M. P.; POLLOCK, C. M. et al. **Extinction Risk and Conservation of the World's Sharks and Rays**. *Elife*, v. 3, p. e00590, 2014.
- FEITOSA, L. M.; NUNES, JORGE L. S. **A new record of *Carcharhinus leucas* in an amazonian river system**. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, v. 30, p. 62-67, 2020.
- FEITOSA, L.M.; MARTINS, A.P.B.; GIARRIZZO, T.; MACEDO, W.; MONTEIRO, I.L.P.; GEMAQUE, R.; NUNES, J.L.S.; GOMES,

- F.; SCHNEIDER, H.; SAMPAIO, I.; SOUZA, R.F.C.; SALES, J.B.L.; RODRIGUES-FILHO, L.F.S.; TCHAIKA, L.; CARVALHO-COSTA, L.F. **DNA-based identification reveals illegal trade of threatened shark species in a global elasmobranch conservation hotspot.** *Scientific Reports*, v. 8, p. 1-11, 2018.
- FIGUEIREDO, J. L. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil.** I. Introdução. Cações, Raias e Quimeras. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1977. 104 p.
- FOWLER, S.L.; CAVANAGH, R.D.; CAMHI, M.; BURGESS, G.H.; CAILLIET, G.M.; FORDHAM, S.V.; SIMPFENDORFER, C.A.; MUSICK, J.A. **Sharks, Rays and Chimaeras: The Status of the Chondrichthyan Fishes.** Status Survey. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge. 2005, 461p.
- FREITAS, R. H. A.; ROSA, R. S.; GRUBER, S. H.; WETHERBEE, B. M. **Early growth and juvenile population structure of lemon sharks *Negaprion brevirostris* in the Atol das Rocas Biological Reserve, off north-east Brazil.** *Journal of Fish Biology*, v. 68, p. 1319–1332. 2006.
- GARLA, R.C. **Ecologia e conservação dos tubarões do Arquipélago de Fernando de Noronha, com ênfase no tubarão Cabeça-de-Cesto *Carcharhinus perezii* (Poey, 1876) (Carcharhiniformes, Carcharhinidae).** 170 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas, Zoologia). Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Rio Claro, 2003.
- GOMES, U. L.; ROSA, R. S.; GADIG, O. B. F. ***Dasyatis marianae* sp. n.: A New Species of Stingray (Chondrichthyes: Dasyatidae) from the Southwestern Atlantic.** *Copeia*, v. 2, p. 510–515, 2000.
- GROGAN, E.D.; LUND, R.; GREENFEST-ALLEN, E. **The origin and relationships of early Chondrichthyans.** In: CARRIER, J.; MUSICK, J.A.; HEITHAUS, M. (eds.). *Biology of Sharks and Their Relatives*. Boca Raton: CRC Press. Chap. 1, p. 2-31, 2012.
- HAZIN, F.H.V.; MACENA, B.C.L.M.; VIANA, D.L.; LANA, F.O.; OLIVEIRA, L.P.P.; BEZERRA, N.P.A.; MENDONÇA, S.A. **Elasmobrânquios do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.** In: OLIVEIRA, J.E.L.; VIANA, D.L.; SOUZA, M.A.C. (eds.). *Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 20 anos de pesquisa*. Via Design Publicações. Cap. 10, p.143-59, 2018.
- HAZIN, F.H.V.; ZAGAGLIA, JR.; BROADHURST, M.K.; TRAVASSOS, P.; BEZERRA, T.R.Q. **Review of a small-scale pelagic longline fishery off northeastern Brazil.** *Marine Fisheries Review*, v. 60, n. 3, p. 1-8, 1998.
- ICMBio- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE- **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI – Peixes / 1.** ed. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018. v. 7
- LAST, P.; WHITE, W.; CARVALHO, M.; SÉRET, B.; STEHMANN, M.; NAYLOR, G. **Rays of the World.** CSIRO, 2016. 800 p.
- LESSA, R. P.; BARRETO, R. R.; QUAGGIO, A. L. C.; VALENÇA, L. R.; SANTANA, F. YOKOTA, L.; GIANETTI, M. D. **Levantamento das espécies de elasmobrânquios capturados por aparelhos-de-pesca que atuam no berçário de Caiçara do Norte (RN).** *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 41, n.2, p.58- 64, 2008.
- LESSA, R., QUIJANO, S.M., SANTANA, F.M. & MONZINI, J. 2006. ***Rhizoprionodon porosus*.** The IUCN Red List of Threatened Species 2006: e.T61407A12473033. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T61407A12473033.en>. Downloaded on 03 November 2020.
- LESSA, R.; BATISTA, V.; SANTANA, F. **Close to extinction? The collapse of the endemic Daggernose Shark (*Isogomphodon oxyrhynchus*) off Brazil.** *Global Ecology and Conservation*, v. 7, p. 70–81, 2016.
- LESSA, R.; RODRIGUES, J.E.; BARRETO, R.; NUNES, R.; CAMARGO, G.; SANTANA, F. M. **Pesca incidental de Rajiformes nos arrastos de praia em Caiçara do Norte, RN.** *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 8, n. 2, p. 34-41, 2015.
- LESSA, R.P. **Levantamento Faunístico dos Elasmobrânquios (Pisces, Chondrichthyes) das Reentrâncias Maranhenses.** *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, v. 7, p. 27-41, 1986.
- LESSA, R.P., SANTANA, F.M., RINCÓN, G., GADIG, O.B.F.; EL-DEIR, A.C.A. **Biodiversidade de Elasmobrânquios do Brasil. Relatório para o Programa Nacional de Diversidade Biológica (PRONABIO) – Necton – Elasmobrânquios, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA).** Recife, 119 p., 1999.
- LESSA, R.P.T.; ALMEIDA, Z.S. **Analysis of stomach contents of the smalltail shark *Carcharhinus porosus* from Northern Brazil.** *Cybio*, v. 21, n.2, p. 121-133, 1997.
- LUIZ, O.J., EDWARDS, A.J. **Extinction of a shark population in the Archipelago of Saint Paul's Rocks (equatorial Atlantic) inferred from the historical record.** *Biological Conservation*, v. 144, p. 2873–2881, 2011.
- MARTINS, A. P. B.; FEITOSA, L. M.; LESSA, R. P.; ALMEIDA, Z. S.; HEUPEL, M.; SILVA, W. M.; TCHAIKA, L.; NUNES, J. L. S. **Analysis of the supply chain and conservation status of sharks (Elasmobranchii: Superorder Selachimorpha) based on fisher knowledge.** *Plos One*, v. 13, n. 3, p. 1-15, 2018.
- MELO, A.C.M. **Biologia reprodutiva e pesca da Raia *Dasyatis guttata* (Block & Schneider, 1801) (Elasmobranchii: Dasyatidae) na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.** 96 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2016.
- MENDONÇA, S. A. **Aspectos populacionais, uso do habitat e movimentação de *Mobula tarapacana* (Philippi, 1892) (Chondrichthyes: Mobulidae) no arquipélago de São Pedro e**

São Paulo- Brasil. 102 p. Tese (Doutorado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2018.

MENESES, T. S.; SANTOS, F. N.; PEREIRA, C. W. **Fauna de Elasmobrânquios do litoral do estado de Sergipe, Brasil.** Arquivos de Ciências do Mar, v. 38, n. 1–2, p. 79–83, 2005.

MENEZES, C. R.; DELGADO, J.F.; LIMA, L.S.; CORRÊA, T.R.; MELLO, S.L.M.; FONSECA, E.M. **Diagnóstico da pesca artesanal na área de influência do porto do Mucuripe, em Fortaleza (CE): subsídios à gestão pesqueira regional.** Sistemas & Gestão, v. 14, p. 279-290, 2019.

MENNI, R. C.; HAZIN, F.H.V.; LESSA, R.P.T. **Occurrence of the night shark *Carcharhinus signatus* and the pelagic stingray *Dasyatis violacea* off northeastern Brazil.** Neotropica (La Plata), v. 41, p. 105-110, 1995.

MOTTA, F.S.; MOURA, R. L.; FRANCINI-FILHO, R. B.; NAMORA, R. C. **Notas sobre a biologia reprodutiva e alimentar de elasmobrânquios no Parque Estadual Marinho Parcel Manoel Luís, Maranhão – Brasil.** Pan-American Journal of Aquatic Sciences, v. 4, n. 4, p. 593-598, 2009.

MOYLE, P. B.; CECH JR, J. J. **Fishes: na introduction to Ichthyology.** 5. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2004. 597p.

NIELLA, Y.V.; HAZIN, F.H.; AFONSO, A.S. **Detecting Multispecific Patterns in the Catch Composition of a Fisheries-Independent Longline Survey.** Marine and Coastal Fisheries, v. 9, n. 1, p. 388-395, 2017.

NIELLA YURI V., AFONSO ANDRÉ S., HAZIN FÁBIO H. V. **Bioecology and movements of bull sharks, *Carcharhinus leucas*, caught in a long-term longline survey off northeastern Brazil.** Neotropical Ichthyology. 2017 15(3).

NUNES, J.L.S.; ALMEIDA, Z.S.; PIORSKI, N.M. **Raias capturadas pela pesca artesanal em águas rasas do Maranhão-Brasil.** Arquivos de Ciências do Mar, v. 38, p. 49-54, 2005.

NUNES, J.L.S.; RINCON, G.; PIORSKI, N.M.; MARTINS, A.P.B. **Near-term embryos in a *Pristis pristis* (Elasmobranchii: Pristidae) from Brazil.** Journal of Fish Biology, v. 89, p. 1112-1120, 2016.

WOSNICK, N.; PALMEIRA, A.R.O.; NUNES, J.L.S. **E-letter - Pinocchioland: the role of the Brazilian Amazonian coast in elasmobranch conservation.** SCIENCE, v. 334, p. 1-1, 2019.

OLIVEIRA P.G.V. 2001. **Levantamento da fauna de elasmobrânquios e estudos da biologia comportamental do tubarão-limão, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868) e tubarão-lixo *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaparte, 1788) na Reserva Biológica do Atol das Rocas – RN – Brasil.** 114 p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2001.

PALMEIRA-NUNES, A. R. O.; RINCON, G.; ROSA, R. S.; NUNES, J. L. S. **Reproductive Biology of *Hypanus marianae* (Gomes, Rosa & Gadig, 2000) (Myliobatiformes: Dasyatidae), an endemic species from Southwestern Tropical Atlantic Ocean.** Revista Nordestina de Biologia, v. 27, p. 62-86, 2019.

PINHEIRO, H.T.; MACENA, B.C.L.; FRANCINI-FILHO, R.B.; FERREIRA, C.E.L.; ALBUQUERQUE, F.V.; BEZERRA, N.P.A.; CARVALHO-FILHO, A.; LUIZ, O.J.; MELLO, T.J.; MENDONÇA, S.A.; NUNES, D.M.; PIMENTEL, C.R.; PIRES, A.M.A.; SOARES-GOMES, A.; VIANA, D.L.; HAZIN, F.H.V.; ROCHA, L.A. **Fish biodiversity of Saint Peter and Saint Paul's Archipelago, Mid-Atlantic Ridge, Brazil: new records and a species database.** Journal of Fish Biology, p. 1–11, 2020.

PINHEIRO, H.T.; ROCHA, L.A.; MACIEIRA, R.M.; CARVALHO-FILHO, A.; ANDERSON, A.B.; BENDER, M.G.; DI DARIO, F.; FERREIRA, C.E.L.; FIGUEIREDO-FILHO, J.; FRANCINI-FILHO, R.; GASPARINI, J.L.; JOYEUX, J.C.; LUIZ, O.J.; MINCARONE, M.M.; MOURA, R.L.; NUNES, J.A.C.C.; QUIMBAYO, J.P.; ROSA, R.S.; SAMPAIO, C.L.S.; SAZIMA, I.; SIMON, T.; VILA-NOVA, D.A.; FLOETER, S.R. **Southwestern Atlantic reef fishes: zoogeographic patterns and ecological drivers reveal a secondary biodiversity center in the Atlantic Ocean.** Diversity and Distributions, v. 24, p. 951–965, 2018.

PRATT JR, H. L.; CARRIER, J.C. **Elasmobranch Courtship and Mating Behavior.** In: HAMLETT, W. C. (ed.). Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras. Enfield: Science Publishers. Chap. 5, p. 129- 164, 2005.

QUEIROZ, B.J.; SANTANDER-NETO, J.; MEDEIROS, R. S.; NASCIMENTO, F.C.P.; FURTADO-NETO, M. A. A.; VICENTE, V.F.; RINCON, G. **Cartilaginous fishes (class Chondrichthyes) off Ceará state, Brazil, Western Equatorial Atlantic - an update.** Arquivos de Ciências do Mar, v. 41, n. 2, p. 73 – 81, 2008.

RANGELY, J.; FABRÉ, N.N.; TIBURTINO, C.; BATISTA, V. **Estratégias de pesca artesanal no litoral marinho alagoano (Brasil).** Boletim do Instituto de Pesca, v. 36, n. 4, p. 263 – 275, 2010.

RÊGO M.G., ARAUJO M.L.G., BARROS M.E.G., AIRES, L.A., OLIVEIRA, P.G.V., HAZIN F.H.V., FITZPATRICK J.L. & EVÊNCIO-NETO J. 2019. **Morphological description of ovary and uterus of the nurse shark (*Ginglymostoma cirratum*) caught off Fortaleza coast, Northeast Brazil.** Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 39, n. 12, p. 997-1004.

ROSA, R. S.; GADIG, O. B. F. **Conhecimento da Diversidade dos Chondrichthyes Marinhos no Brasil: a contribuição de José Lima De Figueiredo.** Arquivos de Zoologia. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, v. 45, p. 89-104, 2014.

RUIZ, D. J., BANKS, S., WOLFF, M. **Elucidating fishing effects in a large-predator dominated system: The case of Darwin and Wolf Island (Galapagos).** Journal of Sea Research, v. 107, p. 1-11, 2016.

- SANTANDER-NETO, J.; FARIA, V. V. **Sharks and rays caught by a small-scale fisheries in the western equatorial Atlantic.** *Journal of Applied Ichthyology*, v. 00, p. 1–4, 2020.
- STEVENS, J. D. 2010. **Epipelagic oceanic elasmobranches.** *In: Carrier, J.C.; Musick, J.A.; Heithaus, M.R. (eds.). Sharks and their relatives II.* CRC Press. Chap. 1, p. 3–36, 2010.
- STEVENS, J.D., BONFIL, R., DULVY, N. K.; WALKER, P.A. **The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems.** *ICES Journal of Marine Science*, v. 57, n. 476-494, 2000.
- TOLOTTI, M.T.; FILMALTER, J.D.; BACH, P.; TRAVASSOS, P.; SERÉT, B.; DAGORN, L. **Banning is not enough: The complexities of oceanic shark management by tuna regional fisheries management organizations.** *Global Ecology and Conservation*, v. 4, p. 1–7, 2015.
- VÉRAS, D.P. **Pesca e história natural da raia-roxa, *Pteroplatytrygon violacea* (BONAPARTE, 1832), no Atlântico ocidental.** 83 p. Tese (Doutorado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2012.
- VOOREN, C. M.; BARRETO, R. R. P.; LESSA, R. P. T. ***Carcharhinus obscurus* (Lesueur, 1818).** Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. ICMBio/MMA, 2018, v. 6, p. 940-944, 2018.
- WEIGMANN, S. **Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity.** *Journal of Fish Biology*, v. 88, n. 3, p. 837-1037, 2016.
- WETHERBEE, B.M.; CORTÉS, E.; BIZZARRO, J.J. **Food Consumption and Feeding Habits.** *In: CARRIER, J.; MUSICK, J.A.; HEITHAUS, M. (eds.). Biology of Sharks and Their Relatives.* Boca Raton: CRC Press. Chap. 8, p. 239-265, 2012.
- WETHERBEE, R. M.; GRUBER, S. H.; ROSA, R. S. **Movement patterns of juvenile lemon sharks *Negaprion brevirostris* within Atol das Rocas, Brazil: a nursery characterized by tidal extremes.** *Marine Ecology Progress Series*, v. 343, p. 283–293, 2007.
- WILSON, P.C.; BECKETT, J.S. **Atlantic Ocean Distribution of the Pelagic Stingray, *Dasyatis violacea*.** *Copeia*, v. 4, p. 696-707, 1970.
- YOKOTA, L. **Caiçara do Norte (RN): um berçário de tubarões e raias. 89 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal).** Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005.
- YOKOTA, L.; LESSA, R. P. **A nursery area for sharks and rays in northeastern Brazil.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 75, p. 349–360, 2006.


# MAMÍFEROS AQUÁTICOS NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

9



Manuela BASSO<sup>1</sup>  
Lara Cunha LOPES<sup>1</sup>  
Renata S. SOUSA-LIMA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN



Neste capítulo primeiramente apresentaremos todos os mamíferos aquáticos existentes para que o leitor tenha conhecimento da diversidade e das características tão distintas deste grupo faunístico. Após esta abordagem geral sobre cada grupo de mamíferos aquáticos, trataremos das espécies presentes na região Nordeste (NE) do Brasil, tanto nos ambientes de água doce (rios e estuários) quanto nas zonas costeiras e regiões oceânicas. Consideramos mamíferos marinhos que são frequentes em nossas águas, durante todo o ano ou sazonalmente (**ex:** espécies migratórias), e também aqueles registrados esporadicamente, como é o caso dos pinípedes. Em seguida abordaremos brevemente a sistemática e evolução dos grandes grupos taxonômicos, e mais detalhadamente sobre as adaptações desenvolvidas por estes animais para viver no meio aquático.

## 1. INTRODUÇÃO: QUEM SÃO OS MAMÍFEROS AQUÁTICOS?

Primeiramente vamos definir os mamíferos. Estes pertencem a classe de animais vertebrados do filo Chordata e Reino Animal e caracterizam-se principalmente: pela presença de glândulas mamárias que, nas fêmeas, produzem leite para alimentação dos filhotes; pela presença de pelos ou cabelos; são animais endotérmicos ou homeotérmicos (temperatura corporal constante); pela presença do diafragma, uma membrana muscular que auxilia na ventilação dos pulmões pois são dependentes do ar atmosférico para respiração.

Os mamíferos aquáticos compreendem grupos de animais que se adaptaram a explorar parcial ou totalmente o ambiente aquático. Eles não formam uma divisão taxonômica única, mas estão divididos em diferentes grupos dentro da classe Mammalia com histórias evolutivas distintas. Alguns grupos são exclusivos de animais aquáticos e outros com apenas alguns representantes neste tipo de ambiente, o que algumas vezes os leva a serem citados na literatura como animais “semi-aquáticos”. O mais conhecido e numeroso grupo é o dos cetáceos, ou seja, as baleias e os golfinhos. Os cetáceos faziam parte de um grupo com valor taxonômico chamado ordem Cetacea, dividido entre as subordens Mysticeti e Odontoceti. Entretanto, existem linhas de pesquisa sugerindo uma mudança destes grupos taxonômicos para infraordem Cetacea e parvordem Mysticeti e Odontoceti. Esta nova divisão é bastante discutida e por esta razão ainda podemos encontrar em várias fontes de pesquisa e informação (literatura e sites oficiais) ambas as denominações. Neste capítulo seguiremos as instruções do grupo de especialistas da “Sociedade para Estudos de Mamíferos Marinhos” (*The Society for Marine Mammalogy*) e trataremos CETACEA, ODONTOCETI e MYSTICETI como grupos artificiais (assim como PINNIPEDIA é tratado) sem nenhuma denominação de valor taxonômico (por isto os nomes estarão citados com letras maiúsculas). CETACEA (baleias e golfinhos) faz parte da ordem Cetartiodactyla e reúne espécies exclusivamente aquáticas, aquelas que desenvolveram os mecanismos mais eficientes para a adaptação ao seu meio (ver tópico 5). O outro grupo de mamíferos exclusivamente aquáticos é a ordem Sirenia (ou sirênios) e reúne apenas três espécies de peixes-boi

(ou manati) e o dugongo. Os outros grupos incluídos na ordem Carnivora compreendem animais que passam parte da vida no ambiente marinho (ou dulcícola), mas dependem do ambiente terrestre para desempenhar diversas funções (**ex:** reprodução, amamentação), sendo os PINNIPEDIA, Ursidae e Mustelidae. O grupo conhecido como PINNIPEDIA (os pinípedes) incluem as focas, morsa, elefantes-marinhos, lobos-marinhos e leões-marinhos. A família Ursidae possui apenas uma espécie considerada aquática (marinha), o urso polar; e finalmente a família Mustelidae que possui alguns representantes aquáticos, as lontras e a ariranha (subfamília Lutrinae).

## 2. SISTEMÁTICA DOS MAMÍFEROS AQUÁTICOS

### 2.1. Ordem Cetartiodactyla

Atualmente, 90 espécies (sendo uma possivelmente extinta) estão distribuídas em outros dois grupos distintos: os cetáceos com cerdas bucais ou barbatanas (MYSTICETI) e os cetáceos com dentes (ODONTOCETI). Um terceiro grupo formado apenas por espécies fósseis é denominado ARCHAEOCETI. A origem da palavra CETACEA vem do latim *cetus* que significa “um grande animal marinho”, e do grego *ketos* que significa “um monstro do mar”.

**ARCHAEOCETI** compreende cinco famílias de cetáceos, todas extintas (Pakicetidae, Ambulocetidae, Remingtonocetidae, Protocetidae e Basilosauridae). A família mais recente se extinguiu há cerca de 23 milhões de anos.

**MYSTICETI** está representada pelas baleias com cerdas bucais, num total de 14 espécies. As cerdas bucais, também chamadas de barbatanas, são estruturas córneas que ficam localizadas na parte superior da boca. A borda externa é lisa e a interna possui uma série de franjas que são utilizadas para filtrar a água e retirar o alimento. MYSTICETI apresenta as seguintes características:

- > alimentam-se predominantemente de organismos (principalmente crustáceos) planctônicos (**ex:** eupausiáceos e copépodes) e de pequenos peixes pelágicos que formam grandes cardumes (**ex:** sardinhas);
- > apresentam dois orifícios respiratórios situados na região dorsal da cabeça;
- > as fêmeas são normalmente maiores que os machos;
- > em geral apresentam migrações latitudinais entre áreas de reprodução (em baixas latitudes) e alimentação (altas latitudes);
- > são cetáceos exclusivamente marinhos;
- > o crânio é simétrico (visto dorsalmente, o crânio dividido longitudinalmente possui as duas metades esquerda e direita muito semelhantes).

Atualmente são conhecidas quatro famílias de mysticetos:

- > **Família Balaenopteridae** - (8 espécies) compreende os gêneros *Balaenoptera*. São as baleias chamadas rorquais, como: a baleia-azul (4 subespécies), baleia-fin (4 subespécies), baleia-sei (2 subespécies), baleia-minke-anã, baleia-minke-antártica, baleia-de-Bryde (2 subespécies), baleia-de-Omura e *Megaptera* (baleia-jubarte com 3 subespécies). Estão distribuídas em todos os oceanos do mundo.
- > **Família Balaenidae** - (4 espécies) compreende os gêneros *Balaena* (baleia-da-Groenlândia) e *Eubalaena* (baleias-franca). A baleia-da-Groenlândia (*Balaena mysticetus*) ocorre apenas na região Ártica. As baleias francas estão divididas em três espécies: duas no Hemisfério Norte, *Eubalaena glacialis* e *E. japonica*; e outra no Hemisfério Sul, *E. australis*.
- > **Família Neobalaenidae** - compreende apenas uma espécie pouco conhecida chamada de baleia-franca-pigméia, *Caperea marginata*, que ocorre apenas em águas temperadas no Hemisfério Sul.



> **Família Eschrichtidae** - compreende apenas uma espécie chamada baleia-cinzenta, *Eschrichtius robustus*, que se distribui apenas no Oceano Pacífico Norte. No passado, uma população de baleias cinzentas vivia no Oceano Atlântico Norte, porém ela foi totalmente extinta pela caça antes do século XVIII.

**ODONTOCETI** compreende as demais 76 espécies de cetáceos, sendo uma possivelmente extinta (baiji, *Lipotes vexillifer*) ou em vias de extinção (vaquita, *Phocoena sinus*). Todos os seus membros são caracterizados pela presença de dentes, em geral de mesma forma e função (homodontia), que são utilizados para a captura de alimento. O número de dentes varia entre 2 e 220, dependendo da espécie. Os odontocetos apresentam as seguintes características:

- > a maioria alimenta-se de peixes e lulas, mas algumas espécies ocasionalmente comem crustáceos, aves e mamíferos;
- > apresentam apenas um orifício respiratório na região dorsal da cabeça;
- > os machos são normalmente maiores que as fêmeas;
- > possuem mecanismo de ecolocalização (biosonar);
- > a maioria das espécies é marinha, mas existem espécies de água doce;
- > apresentam alta sociabilidade e comportamento gregário;
- > crânio assimétrico (visto dorsalmente, os orifícios respiratórios são deslocados para a esquerda).

São conhecidas dez famílias:

> **Família Physeteridae** - somente uma espécie sendo o maior representante dos odontocetos, o cachalote (*Physeter macrocephalus*), encontrado em todos os oceanos.

> **Família Kogiidae** - (2 espécies) o cachalote-pigmeu (*Kogia breviceps*) e o cachalote-anão (*K. sima*), também encontrados em todos os oceanos.

> **Família Ziphiidae** - (23 espécies) esta é a família menos conhecida entre os cetáceos. Estão distribuídos em regiões de águas profundas em todos os oceanos do mundo e são conhecidos como “baleias-bicudas”. Compreende os gêneros *Berardius* (3 espécies), *Hyperoodon* (2 espécies), *Mesoplodon* (15 espécies), *Tasmacetus*, *Ziphius* e *Indopacetus*.

> **Família Platanistidae** - apenas uma espécie, *Platanista gangetica* e duas sub-espécies (*P. g. gangetica* e *P. g. minor*) que se distribuem exclusivamente nas bacias dos Rios Indus e Ganges na Índia.

> **Família Iniidae** - possui apenas uma espécie, o boto-cor-de-rosa (*Inia geoffrensis*) também com duas sub-espécies (*I. g. boliviensis* e *I. g. geoffrensis*) que ocorrem apenas nas bacias Amazônica e do Orinoco.

> **Família Lipotidae** - apenas uma espécie possivelmente extinta. Exclusivamente de água doce, o baiji, *Lipotes vexillifer*, ocorria apenas nos rios Yangtsé e Hoangho na China.

> **Família Pontoporiidae** - apenas uma espécie marinha/estuarina chamada de franciscana ou toninha, *Pontoporia blainvillei*, habitando águas costeiras do Brasil, Uruguai e Argentina.

> **Família Monodontidae** - (2 espécies) nesta família encontramos a beluga ou baleia-branca, *Delphinapterus leucas*, e o narval, *Monodon monoceros*. Estão restritos às águas polares e temperadas frias do Hemisfério Norte.

> **Família Delphinidae** - (37 espécies) é a família mais numerosa e conhecida entre os cetáceos. São os “golfinhos verdadeiros” e se distribuem em regiões costeiras e oceânicas; tropicais,

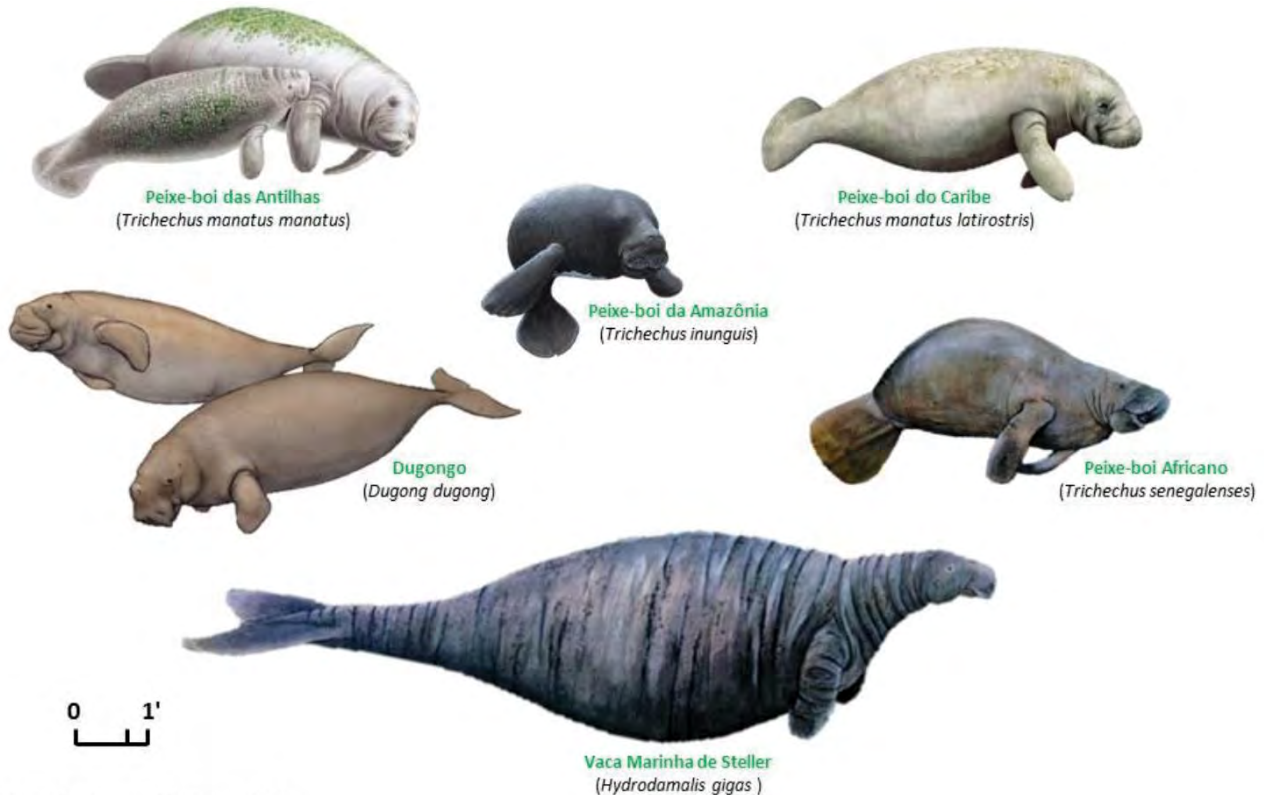
temperadas e polares em todos os oceanos do mundo. Compreendem os seguintes gêneros e espécies: *Cephalorhynchus* (4 espécies e 4 sub-espécies), *Delphinus delphis* (4 sub-espécies), *Feresa attenuata*, *Globicephala* (2 espécies e 2 sub-espécies), *Pseudorca crassidens*, *Grampus griseus*, *Lagenodelphis hosei*, *Lagenorhynchus* (6 espécies e 3 sub-espécies), *Sousa* (4 espécies e 2 sub-espécies), *Stenella* (5 espécies e 6 sub-espécies), *Steno bredanensis*, *Tursiops aduncus*, *Tursiops truncatus* (3 sub-espécies), *Lissodelphis* (2 espécies), *Orcaella* (2 espécies), *Orcinus orca*, *Peponocephala electra* e *Sotalia* (2 espécies). Neste grupo encontram-se o mais conhecido dos golfinhos, o golfinho-nariz-de-garrafa ou “flipper”, e a orca (considerada o maior dos golfinhos).

> **Família Phocoenidae** - (7 espécies)  
correspondem aos odontocetos sem rostro

(“bico”) que são conhecidos por *Porpoises* (Inglês) ou *Marsopas* (Espanhol). Não existe um nome diferente em português para definir este grupo. Distribuem-se em águas predominantemente costeiras e temperadas, em todos os oceanos do mundo. Compreendem os gêneros *Neophocoena* (2 espécies e 2 sub-espécies), *Phocoena* (4 espécies e 3 sub-espécies) e *Phocoenoides dalli* (2 sub-espécies).

## 2.2. Ordem Sirenia

A ordem Sirenia está representada por quatro espécies de peixe-boi (manati), uma espécie de dugongo e uma espécie extinta, a vaca-marinha (Fig. 9.1). São animais que passam toda a vida em rios, estuários ou em águas costeiras e rasas se alimentando exclusivamente de vegetação.



Adaptação, Augusto Bôaviagem, 2016

**Figura 9.1** Ilustração em escala proporcional de todas as espécies de sirênios atuais, sendo 1 espécie extinta pela caça comercial.

**Fonte** Bôaviagem Freire (2016).

A morfologia externa dos sirênios é parecida com a dos cetáceos, porém estas duas ordens apresentam uma história evolutiva bastante distinta (Ver tópico: [História evolutiva dos mamíferos aquáticos](#)). Os sirênios possuem as seguintes características que os distinguem de qualquer outro grupo de mamíferos aquáticos:

- > hábito alimentar predominantemente herbívoro e dentição especializada;
- > glândulas mamárias localizadas nas axilas das nadadeiras peitorais.

Duas famílias atuais são reconhecidas:

- > **Família Trichechidae** - possui apenas um gênero (*Trichechus*) com três espécies, caracterizadas pela presença de uma nadadeira caudal em forma de remo e possuir apenas seis vértebras cervicais (os demais mamíferos possuem sete). Os triquequídeos são conhecidos como peixes-boi, ou manatis, e distribuem-se exclusivamente em águas tropicais do Oceano Atlântico. As três espécies existentes são o peixe-boi da Amazônia, *T. inunguis*, que é exclusivamente de água doce e está restrito às bacias dos Rios Amazonas e Orinoco; o manati ou apenas peixe-boi, *T. manatus* (com duas subespécies), que vive em áreas costeiras e desembocaduras de rios desde a costa da Carolina do Norte (EUA) até a Bahia; e o peixe-boi da África, *T. senegalensis*, o qual está restrito às regiões costeiras, lagunas e estuários de rios desde o Senegal até Angola. A principal diferença entre o peixe-boi amazônico e os peixes-boi marinhos é a presença de unhas nas nadadeiras peitorais das espécies marinhas e o padrão de coloração escuro com presença de uma mancha rósea ventral na espécie amazônica, que em média tem menor tamanho corporal.
- > **Família Dugongidae** - está representada apenas pelo dugongo, *Dugong dugon*, e se caracteriza pela nadadeira caudal bilobada, semelhante à dos cetáceos. O dugongo vive em águas costeiras

tropicais e subtropicais Indo-pacíficas, desde a África do Sul até o norte da Austrália. Uma segunda espécie desta família, a vaca-marinha-de-Steller, *Hydrodamalis gigas*, extinguiu-se no século XVIII em consequência da caça indiscriminada (Fig. 9.1).

## 2.3. Ordem Carnívora

### 2.3.1. Pinnipedia

Na ordem Carnívora, o grupo chamado PINNIPEDIA é representado pelas focas, morsas, elefantes-marinhos, lobos-marinhos e leões-marinhos, num total de 35 espécies sendo 2 extintas. São animais que passam parte da vida na terra e parte na água. Têm a pele coberta por pelos que possuem, entre outras, a função de proteger contra a abrasão do solo e servir como isolante térmico. Possuem ainda unhas em todos os dedos e membranas interdigitais. Os pinípedes estão divididos em três famílias:

- > **Família Otariidae** - (15 espécies, 1 extinta) compreende os leões e lobos-marinhos e é caracterizada por possuir pavilhão auditivo externo (orelhas), utilizar os longos membros anteriores para a natação e andar apoiado nos quatro membros, já que os membros posteriores podem ser virados para a frente. Os leões-marinhos, assim denominados porque os machos adultos apresentam uma “juba” como nos leões africanos, possuem cinco gêneros: dois no Hemisfério Norte (*Zalophus* e *Eumetopias*) e três no Hemisfério Sul (*Otaria*, *Neophoca* e *Phocartos*). Embora também possuam a característica “juba”, os lobos-marinhos diferem dos leões-marinhos por apresentar um focinho mais pronunciado e pontudo. Existem dois gêneros de lobos marinhos, um monotípico do Hemisfério Norte (*Callorhinus*) e outro gênero (*Arctocephalus*) com sete espécies, sendo duas delas subdivididas em sub-espécies. Há apenas uma subespécie de *Arctocephalus* no Hemisfério Norte, todas as outras espécies de lobo-marinho estão distribuídas no Hemisfério Sul.

- > **Família Phocidae** - (19 espécies, 1 extinta) compreende as focas e elefantes-marinhos. Os membros desta família caracterizam-se pela ausência de orelhas e por possuir os membros anteriores relativamente curtos e com pouca função locomotora. Utilizam os membros posteriores para nadar e se movimentam sobre a terra rastejando. No Hemisfério Norte, existem dois gêneros de focas-monge (*Monachus* e *Neomonachus*) que vive em águas temperadas e tropicais, e sete gêneros (*Phoca*, *Pusa*, *Histiophoca*, *Pagophilus*, *Cystophora*, *Erignathus* e *Halichoerus*) que vivem em águas temperadas frias e polares. No Hemisfério Sul existem quatro gêneros monotípicos de focas antárticas (*Hydrurga*, *Leptonychotes*, *Lobodon* e *Ommatophoca*). Existe ainda um gênero de elefante-marinho (*Mirounga*) com duas espécies, uma em cada Hemisfério- no Sul a *M. leonina* e no Norte a *M. angustirostris*.
- > **Família Odobenidae** - representada apenas por uma espécie, a morsa (*Odobenus rosmarus*) com duas sub-espécies, sendo uma no Atlântico Norte (*O. r. rosmarus*) e outra no Pacífico Norte (*O. r. divergens*). A família é reconhecida por possuir características intermediárias entre os focídeos e os otarídeos. As morsas não possuem pavilhão auditivo externo e sua principal característica é a presença de caninos longos, atingindo cerca de um metro de comprimento.

### 2.3.2. Outros carnívoros: lontra, ariranha e urso polar

Embora pertençam a grupos de animais exclusivamente terrestres, as lontras, ariranhas e os ursos polares são considerados por muitos autores como mamíferos aquáticos (ou semiaquáticos). As lontras e a ariranha pertencem à subfamília Lutrinae, dentro da grande família Mustelidae, com doze espécies distribuídas em águas marinhas e dulcícolas tropicais e temperadas de ambos os

Hemisférios. São sete gêneros de lontras (*Lontra*, *Aonyx*, *Amblonyx*, *Enhydra*, *Lutra*, *Hydrictis* e *Lutrogale*), e uma espécie conhecida com ariranha (*Pteronura brasiliensis*) encontrada somente na América do Sul. O urso-polar, *Ursus maritimus*, é o único representante considerado mamífero aquático da família dos ursos (Ursidae) e vive apenas em regiões árticas e subárticas.

## 3. OS MAMÍFEROS AQUÁTICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Atualmente existem cerca de 47 espécies de cetáceos registrados no Brasil, sendo que 31 se encontram na região Nordeste. Do grupo dos sirênios o Brasil possui duas espécies, uma marinha e outra de água doce, e a região nordestina abriga apenas a espécie marinha. Quatro espécies de pinípedes já foram notificadas no Nordeste de um total de 8 no Brasil, lembrando que das 35 espécies globalmente conhecidas, a grande maioria são habitantes de zonas temperadas e frias. Dos outros representantes, somente a lontra é encontrada em alguns rios e estuários. Em resumo, já foi notificada a ocorrência dos seguintes grupos taxonômicos no Nordeste do Brasil, desde rios e estuários às águas oceânicas:

### Ordem Cetartiodactyla

CETACEA (cetáceos)

MYSTICETI (baleias) 9 espécies

ODONTOCETI (golfinhos) 22 espécies

### Ordem Sirenia

Família Trichechidae (peixe-boi ou manati) 1 espécie

### Ordem Carnivora

PINNIPEDIA (pinípedes)

Família Phocidae (focas e elefantes-marinhos) 1 espécie

Família Otariidae (lobos e leões-marinhos) 3 espécies

Subfamília Lutrinae (lontras e ariranhas) 1 espécie

### 3.1. Cetáceos no Nordeste

Todas as espécies da família Balaenopteridae já foram avistadas em águas nordestinas (Tab. 9.1), com destaque para a mais nova espécie descoberta desta família, a baleia-de-Omura, descrita em 2003 no Oceano Índico (Sasaki et al., 2006; Moreira et al., 2020). Destes rorquais podemos destacar a mais conhecida, a baleia-jubarte, que nos meses de inverno e primavera ocupa toda a região costeira nordestina para reprodução e cria de filhotes (Zerbini et al., 1997, 2004), sendo a região do Banco de Abrolhos (BA) uma conhecida área de concentração

(Siciliano, 2001; Andriolo et al., 2010; Zerbini et al., 2011). Além da baleia-jubarte, ocorrem outras espécies migratórias como a baleia-sei e a baleia-minke-antártica, sendo esta última mais comum em águas oceânicas, após o talude continental (Siciliano, 2001). A baleia-de-Bryde é registrada todo o ano, pois é o único rorqual que não migra e permanece em águas tropicais e temperadas quentes, parecendo existir duas formas desta espécie na costa brasileira, uma costeira e outra oceânica (Andriolo et al., 2010). Existem poucos registros de baleia-azul e baleia-fin (Fig. 9.2) quando comparadas às outras baleias, o que



**Figura 9.2** Algumas espécies de mysticetos já registradas no litoral do Nordeste, **A)** a baleia-minke-antártica e **B)** a baleia-franca **Fotos** Manuela Bassoi, **C)** a baleia-fin **Foto** Martin Collins, **D)** a baleia-azul **Foto** Paula Olson e **E)** a baleia-jubarte. **Foto** Maria Isabel Gonçalves.

corroborar com dados históricos de caça para a costa nordestina, sugerindo que estas espécies parecem não ser comuns nesta região (Williamson, 1975; Da Rocha, 1983). Apesar da baleia-minke ser a espécie de rorqual mais abundante em águas nordestinas (Andriolo et al., 2010), evidências sugerem que a reprodução e cria de filhotes acontece em regiões mais ao sul, em médias latitudes (Zerbini et al., 1997; Lucena, 2006). A baleia-franca-austral (Fig. 9.2) costuma frequentar as águas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina para reprodução e cria no inverno e primavera, sendo avistada ocasionalmente no litoral da Bahia (Baracho et al., 2002; Balensiefer et al., 2011).

Os odontocetos costeiros são representados principalmente por duas espécies, o boto-cinza e o golfinho-nariz-de-garrafa (Fig. 9.3). O primeiro está restrito às águas costeiras rasas, principalmente na proximidade da desembocadura de rios e estuários (**ex:** Baía de Todos os Santos-BA, Rio Potengi-RN), e o segundo as águas costeiras de todo o Nordeste em profundidade média de 75 m (Siciliano, 2011). O golfinho-de-dentes rugosos é outra espécie ocasionalmente avistada na região costeira (Da Rocha & Ott, 2004; Siciliano, 2011; De Carvalho et al., 2018) mas pode estar associado a ilhas e arquipélagos (Rossi-Santos et al., 2006).

Como a costa do Nordeste apresenta uma plataforma continental estreita (35 km de extensão em média), espécies pelágicas ou oceânicas podem ser avistadas nas regiões costeiras mais profundas, como no caso do golfinho-pintado-do-Atlântico, golfinho-piloto-de-peitorais-curtas, golfinho-de-Clymene, golfinho-cabeça-de-melão (Haney et al., 2006; Siciliano, 2011; Oliveira, 2015; Falcão et al., 2017; De Carvalho et al., 2018). Com esta plataforma continental estreita, existem registros de encalhes para praticamente todas as espécies de odontocetos pelágicos no Nordeste brasileiro, inclusive encalhes de espécies raras e oceânicas como as baleias-bicudas (Tab. 9.1). Algumas espécies como a orca, o golfinho-listrado e os cachalotes-pigmeu e anão possuem apenas registros de encalhes (Serra et al., 2000; Flores & Luna, 2010; Di Azevedo et al., 2017).

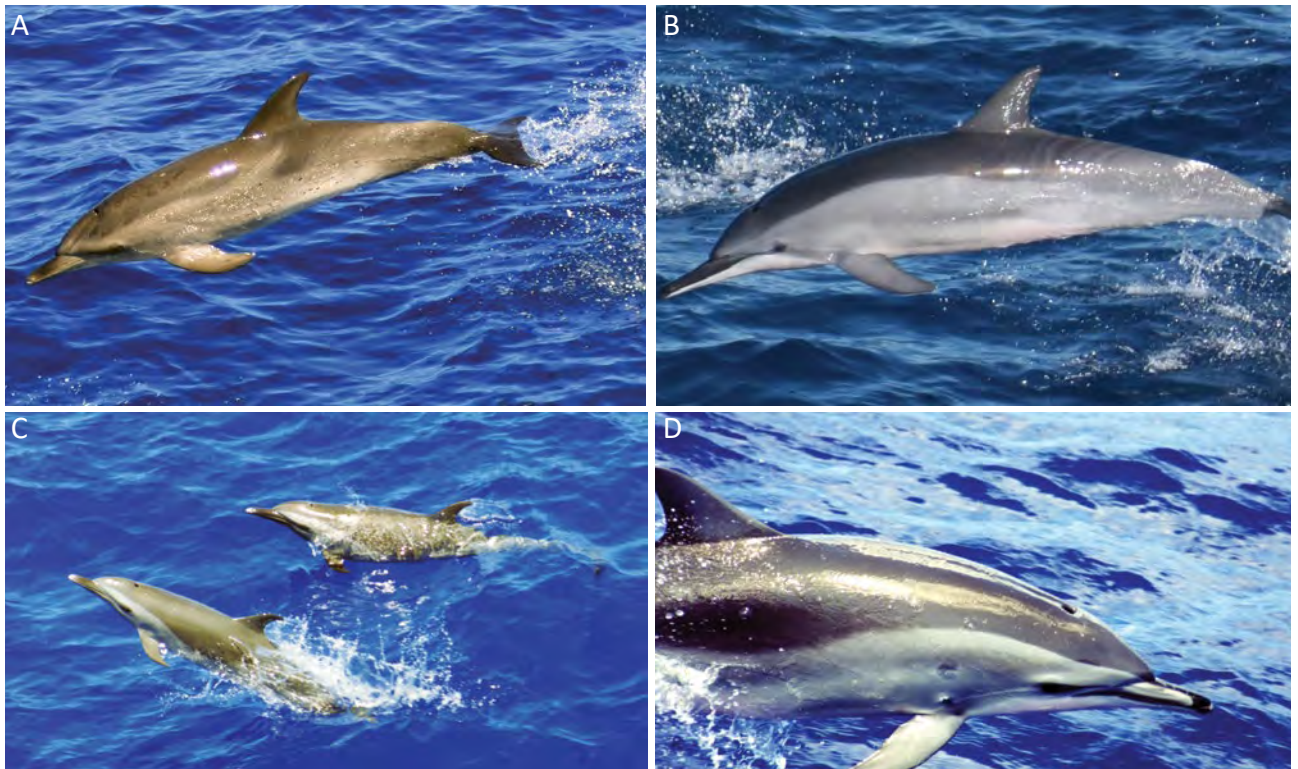
Os odontocetos mais comumente avistados nas regiões pelágicas são: o golfinho-pintado-pantropical, o golfinho-rotador, o golfinho-de-Clymene (Fig. 9.4) e o cachalote (Mohr et al., 2009; Caon et al., 2010; Siciliano, 2011). O golfinho-rotador possui uma população oceânica bastante conhecida no Arquipélago de Fernando de Noronha, assim como o golfinho-nariz-de-garrafa possui uma população residente no Arquipélago



**Figura 9.3** Espécies de odontocetos costeiros mais comuns no litoral do Nordeste, o boto-cinza (esquerda) e o golfinho-nariz-de-garrafa (direita). **Fotos** Marcos César de O. Santos.

de São Pedro e São Paulo, distando cerca de 1.000 km do continente. A alta incidência de encalhes do cachalote na costa NE, assim como mais recentemente o aumento do número de avistagens e gravações acústicas (aumento de cruzeiros de pesquisa e monitoramento), sugerem a existência de uma população residente desta baleia em águas

pelágicas no Nordeste do Brasil. Outras espécies avistadas em águas oceânicas foram: baleia-bicuda-de-Cuvier, falsa-orca (Fig.9.5), orca-pigmeia, golfinho-de-Risso, golfinho-comum, golfinho-pintado-do-Atlântico (Mohr et al., 2009; Caon et al., 2010; Siciliano, 2011; Conceição, 2015; Bandeira, 2016).



**Figura 9.4** Golfinhos do gênero *Stenella* presentes em águas pelágicas do NE, **A)** o golfinho-pintado-do-Atlântico, **B)** golfinho-rotador **Fotos** Manuela Bassoi; **C)** golfinho-pintado-pantropical e **D)** o golfinho-de-Clymene. **Fotos** Ignácio B. Moreno.



**Figura 9.5** As espécies pelágicas, orca (esquerda) e falsa-orca (direita). **Fotos** Projeto Talude/FURG.

**Tabela 9.1** Espécies de cetáceos registradas para o Nordeste do Brasil através de enalhe (E) ou avistagem (A), incluindo seu grau de ameaça (*Status*) Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. Estados não indicados não implicam na ausência da espécie para a área.

Espécie	Nome Popular	Estados	E	A	Status	Ref.
<b>Mysticeti</b>						
<i>Balaenoptera musculus</i>	Baleia-azul	RN, PB	✓	✓	CR	1-2, 4, 13, 24-25
<i>Balaenoptera physalus</i>	Baleia-fin	RN, PB, SE, BA	✓	✓	EN	4, 28-30
<i>Balaenoptera borealis</i>	Baleia-sei	PB, PE, BA	✓	✓	EN	1, 4, 21-23
<i>Balaenoptera edeni</i>	Baleia-de-Bryde	MA, PB, AL, SE, BA	✓	✓	DD	4, 8, 15, 21, 23
<i>Balaenoptera omurai</i>	Baleia-de-Omura	CE, PE	✓	*	NA	26-27
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Baleia-minke-anã	MA, CE, PB, PE, AL, SE, BA	✓	✓	LC	1-6, 8-18
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	Baleia-minke-antártica	CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA	✓	✓	DD	2, 18-21
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Baleia-jubarte	MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA	✓	✓	NT	1, 5, 8, 10-13, 15-16, 18, 25, 33-42
<i>Eubalaena australis</i>	Baleia-franca-austral	BA		✓	EN	12-13, 31-32
<b>Odontoceti</b>						
<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalote	MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA	✓	✓	VU	1, 5, 8-10, 12, 17-18, 21, 29, 35-36, 39-41, 46, 57, 68-69, 70-73
<i>Kogia breviceps</i>	Cachalote-Pigmeu	CE, RN, PB, PE, SE, BA	✓		LC	5, 10, 12, 17-18, 35-36, 48, 54-55
<i>Kogia sima</i>	Cachalote-anão	MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA	✓		LC	5, 10, 12-13, 17-18, 35-36, 39, 46, 48, 56-62
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Baleia-piloto-de-peitorais-curtas	MA, PI, CE, RN, PB, PE, BA	✓	✓	LC	5, 9-10, 18, 21, 35, 40-41, 44, 46-49
<i>Grampus griseus</i>	Golfinho-de-Risso	MA, PI, CE, RN, PB, BA	✓	✓	LC	10, 16-18, 36, 41, 50-53
<i>Mesoplodon europaeus</i>	Baleia-bicuda-de-Gervais	CE	✓		NA	65-66
<i>Mesoplodon layardii</i>	Baleia-bicuda-de-Layard	BA	✓		NA	36
<i>Ziphius cavirostris</i>	Baleia-bicuda-de-Cuvier	CE, RN, PB, SE, BA	✓	✓	DD	5, 10, 12, 17-18, 35-36, 40, 46, 57, 94-95
<i>Orcinus orca</i>	Orca	CE, SE, BA	✓		LC	10, 40, 57
<i>Pseudorca crassidens</i>	Falsa-orca	CE, RN, AL, SE, BA	✓	✓	LC	10, 15, 35-36, 74
<i>Feresa attenuata</i>	Orca-pigméia	MA, CE, SE, BA	✓	✓	LC	5, 7-8, 13, 40, 44-45
<i>Peponocephala electra</i>	Golfinho-cabeça-de-melão	MA, CE, RN, AL, SE, BA	✓	✓	LC	5, 10-11, 15, 17, 35-36, 40-41, 45-46, 48-49, 57, 67-68
<i>Lagenodelphis hosei</i>	Golfinho-de-Fraser	MA, CE	✓		DD	10, 41, 48, 63-64
<i>Delphinus sp.</i>	Golfinho-comum	MA, PI	✓	✓	DD	41, 43
<i>Stenella attenuata</i>	Golfinho-pintado-pantropical	MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA	✓	✓	LC	11, 13, 17-18, 25, 35-36, 41, 88-89
<i>Stenella clymene</i>	Golfinho-de-Clymene	MA, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA	✓	✓	LC	5, 10-13, 17-18, 35-36, 39-40, 45-46, 48-49, 57, 79, 88, 90-91



Espécie	Nome Popular	Estados	E	A	Status	Ref.
<b>Odontoceti</b>						
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Golfinho-listrado	CE, PB, BA	✓		LC	18, 36, 48, 64, 88
<i>Stenella frontalis</i>	Golfinho-pintado-do-Atlântico	CE, RN, PB, BA	✓	✓	DD	10, 13, 18, 25, 45-46, 48, 64, 88
<i>Stenella longirostris</i>	Golfinho-rotador	PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA	✓	✓	DD	5, 10, 13, 15-16, 18, 25, 35, 48-49, 64, 88, 92-93
<i>Steno bredanensis</i>	Golfinho-de-dentes-rugosos	MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL, BA	✓	✓	LC	5, 9-13, 18, 25, 35, 40-41, 45-46, 48
<i>Tursiops truncatus</i>	Golfinho-nariz-de-garrafa	MA, PI, CE, RN, PB, PE, SE, BA	✓	✓	DD	5, 10-13, 18, 21, 35, 39, 41, 45-46, 48-49, 57, 68, 77
<i>Sotalia guianensis</i>	Boto-cinza	MA, PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA	✓	✓	VU	5, 8. 12-13, 16-18, 25, 35-36, 39-40, 45-46, 48, 57, 64, 68, 75-87

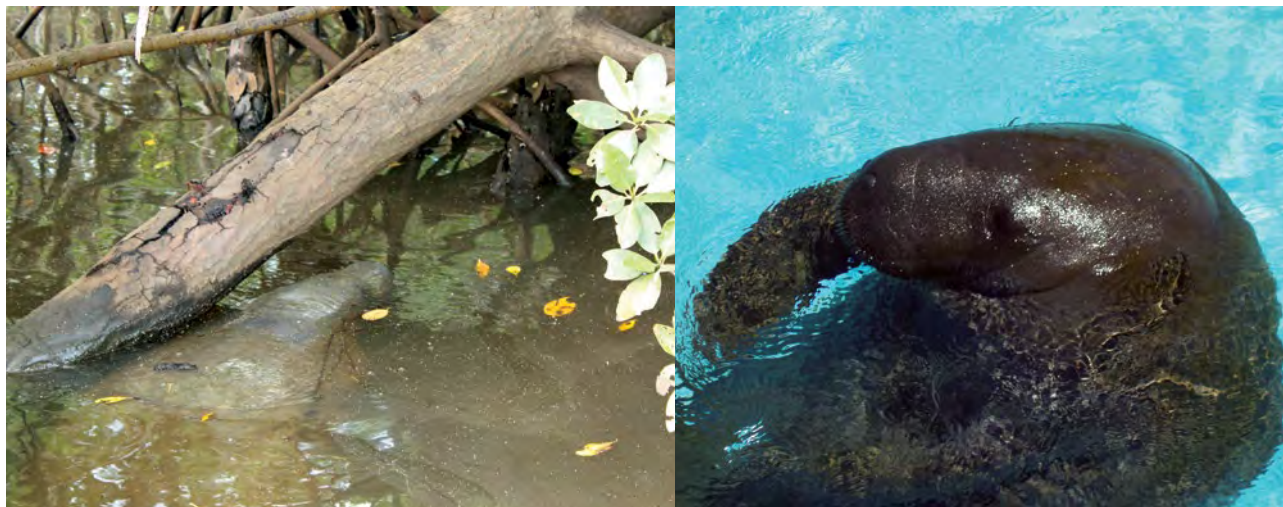
**Status** (LC) Pouco preocupante; (NT) Quase ameaçada; (VU) Vulnerável; (EN) Em perigo; (CR) Criticamente em Perigo; (DD) Dados Insuficientes; (NE) Não avaliada; (NA) Não aplicável. \* Registro acústico.

**Referências:** 1) Paiva & Grangeiro, 1970; 2) Hetzel & Lodi, 1993; 3) Zerbini & Secchi, 1996; 4) Zerbini et al., 1997; 5) da Rocha & Ott, 2004; 6) Magalhães et al., 2007a; 7) Magalhães et al., 2007b; 8) Magalhães et al., 2008; 9) Siciliano et al., 2008; 10) Meirelles et al., 2009; 11) Rossi-Santos et al., 2009; 12) Flores & Luna, 2010; 13) Balensiefer et al., 2011; 14) Meirelles et al., 2011; 15) Conceição, 2015; 16) Bandeira, 2016; 17) Borges et al., 2017; 18) Pereira, 2017; 19) Meirelles & Furtado-Neto, 2004; 20) Lucena, 2006; 21) Andriolo et al., 2010; 22) Velozo, 2007; 23) Milmann et al., 2020; 24) Da Rocha & Braga, 1982; 25) Oliveira, 2015; 26) Cypriano-Souza et al., 2016; 27) Moreira et al., 2018; 28) Antonelli et al., 1987; 29) Rocha-Campos et al., 2011; 30) Siciliano et al., 2011; 31) Engel et al., 1997; 32) Baracho et al., 2002; 33) Lodi, 1994; 34) Severo et al., 2004; 35) Medeiros, 2006; 36) Souto et al., 2007; 37) Morete et al., 2008; 38) Rossi-Santos et al., 2008; 39) Ristau, 2012; 40) Batista et al., 2012; 41) Costa et al., 2017; 42) Gonçalves et al., 2018; 43) Silva et al., 2008; 44) Erber et al., 2005; 45) De Carvalho et al., 2018; 46) Alves-Júnior et al., 1996; 47) Haney et al., 2004; 48) Di Azevedo et al., 2017; 49) Sánchez-Sarmiento et al., 2019; 50) Siciliano & Moreira, 1992; 51) Maia-Nogueira, 2000; 52) Toledo et al., 2015; 53) Corrêa, 2019; 54) Muñoz-Hincapié et al., 1998; 55) Santos & Lodi, 1998; 56) Zanellato & Guierria, 1994; 57) Serra et al., 2000; 58) Sampaio & Aroucha, 2000; 59) Maia-Nogueira et al., 2001; 60) Menezes, 2005; 61) Di Azevedo et al., 2015; 62) Moura et al., 2016; 63) Tosi et al., 2008; 64) Santos-Neto et al., 2014; 65) Martins et al., 2004; 66) Di Azevedo et al., 2016; 67) Motta & Silva, 2005; 68) Falcão et al., 2017; 69) Pimentel et al., 1990; 70) Ramos et al., 2001; 71) Moreira et al., 2004; 72) Tosi et al., 2006; 73) Toledo & Langguth, 2015; 74) Alves et al., 2002; 75) Borobia et al., 1991; 76) Monteiro-Neto et al., 2003; 77) Gurjão et al., 2004; 78) Araújo et al., 2007; 79) Morales et al., 2007; 80) Sena et al., 2007; 81) Dantas et al., 2009; 82) Santos et al., 2010; 83) Meirelles, 2013; 84) Nunes et al., 2014; 85) Becegato et al., 2015; 86) Moura et al., 2019; 87) Vidal et al., 2020; 88) Moreno et al., 2005; 89) Instituto Biota de Conservação, 2018; 90) Attademo et al., 2018; 91) Spinelli et al., 2020; 92) Silva-Jr et al., 2007; 93) Barreto et al., 2010; 94) Mohr et al., 2009; 95) Caon et al., 2010.

### 3.2. Sirênios no Nordeste

O peixe-boi marinho (*Trichechus manatus manatus*) é o único representante dos sirênios encontrado no Nordeste (Fig. 9.6). Historicamente os peixes-boi marinhos ocorriam na faixa costeira de todo o litoral NE, principalmente em locais de águas rasas com

presença de capim e algas, inclusive em estuários onde bebem água doce e dão à luz seus filhotes (Lima et al., 2011). Porém, atualmente a espécie apresenta uma distribuição descontínua no litoral nordestino.



**Figura 9.6** Peixe-boi-marinho. **Fotos** Maria Isabel Gonçalves e Flávia B. Izidoro.

Nos estados nordestinos da Bahia e Sergipe, a espécie foi extinta devido a caça (Best & da Silva, 1979; D’Affonseca Neto & Vergara-Parente, 2006; Lima et al., 2011). Alguns indivíduos soltos na natureza pelo Programa de Reintrodução do ICMBio/CMA se deslocaram para Sergipe e Bahia (Da Costa Foppel & Ferrari, 2012; Normande et al., 2015), ainda assim não houve o restabelecimento de populações nestes locais, sendo o limite sul de distribuição da espécie o estado de Alagoas. Ademais, a espécie não ocorre entre o norte de Alagoas e o sul de Pernambuco, na costa das cidades do Recife (PE) e de Fortaleza (CE), e no delta do Parnaíba (PI) até os lençóis maranhenses (Lima et al., 2011; Luna et al., 2008; Luna 2013). No Maranhão a espécie volta a ocorrer na ilha do Gato, onde existe a maior população de peixes-boi nativos do país (Luna et al., 2008; Luna & Passavante, 2010). Esta espécie é considerada nacionalmente como em perigo de extinção (EN) (ICMBio/MMA 2018) e classificada como vulnerável internacionalmente (Deutsch et al., 2008).

As áreas prioritárias para a conservação do peixe-boi no Nordeste foram identificadas pela AQUASIS nos estados do Piauí (Choi et al., 2009), Ceará e Rio Grande do Norte (Choi, 2011). A região do estuário

dos rios Timonha e Ubatuba, na divisa dos estados do PI com o CE, foi considerada muito importante para a espécie. As praias e estuários dos municípios de Fortim, Aracati e Icapuí no CE, e Grossos, Areia Branca e Touros no RN foram identificados como áreas prioritárias para a conservação do peixe-boi-marinho pois nestes locais os animais se reproduzem e criam seus filhotes (Meirelles & Carvalho, 2016).

### 3.3. Pinípedes no Nordeste

A ocorrência de pinípedes no Nordeste brasileiro é ocasional, pois poucos indivíduos chegam na região em consequência de movimentos erráticos (Tab. 9.2) (Fig. 9.7). Normalmente estes indivíduos são machos solitários, muitas vezes jovens, que buscando alimento acabam nadando e se distanciando de suas colônias. Esses eventos ocorrem principalmente no inverno com a ajuda de correntes marítimas mais fortes desde a costa da Argentina até a região Sudeste, podendo em alguns anos chegar até o estado da Bahia (Contra Corrente do Brasil). Não há nenhuma espécie que habite ou mesmo que visite com frequência as águas nordestinas, mesmo que sazonalmente como no caso de espécies migratórias (**ex:** baleia-jubarte).

**Tabela 9.2** Espécies de pinípedes registradas para o Nordeste do Brasil através de encalhe (animal morto ou debilitado) / presença na praia (E), ou avistagem no mar (A), incluindo seu grau de ameaça (*Status*) (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018). Estados não indicados não implicam na ausência de registros para a área.

Espécie	Nome Popular	Estados	E	A	Status	Ref.
<b>Otariidae</b>						
<i>Arctocephalus</i> sp.	Lobo-marinho	PE		✓	NA	2
<i>Arctocephalus australis</i>	Lobo-marinho-sul-americano	BA	✓		NA	1
<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Lobo-marinho-subantártico	RN, AL, SE, BA	✓		NA	1-5
<i>Otaria byronia</i>	Leão-marinho-do-sul	BA	✓		LC	1, 6
<b>Phocidae</b>						
<i>Mirounga leonina</i>	Elefante-marinho-do-sul	MA, PE, SE, BA	✓		NA	7-10

**Status** (LC) Pouco preocupante; (NT) Quase ameaçada; (VU) Vulnerável; (EN) Em perigo; (CR) Criticamente em Perigo; (DD) Dados Insuficientes; (NE) Não avaliada; (NA) Não aplicável.

**Referências:** 1) Rocha-Campos et al. (2011); 2) Milmann et al. (2019); 3) Ximenez (1980); 4) Velozo et al. (2009); 5) Souto et al. (2009); 6) Castello (1984); 7) Lodi & Siciliano (1989); 8) Serra et al. (2000); 9) Bastos et al. (2006); 10) de Moura et al. (2010).



**Figura 9.7** Alguns dos pinípedes que já visitaram o litoral nordestino, o leão-marinho-do-sul (esquerda), o lobo-marinho-sul-americano (centro). **Fotos** Larissa de Oliveira, e o lobo-marinho-antártico (direita). **Foto** Layla Osman.

O elefante-marinho-do-sul é o único focídeo notificado no litoral nordestino (Bastos et al., 2006; Moura et al., 2010), e o recorde norte dentre os pinípedes foi a avistagem de um lobo-marinho no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Milmann et al., 2019). As espécies de lobo-marinho foram

as que mais visitaram águas nordestinas (Tab. 9.2), provavelmente por animais provindos de colônias no sul do Brasil, Uruguai e Argentina. A costa do Uruguai também apresenta uma grande colônia do leão-marinho-do-sul (Fig. 9.7), com presença registrada no litoral da Bahia (Rocha-Campos et al., 2011).

### 3.4. Outros carnívoros aquáticos no Nordeste

A lontra neotropical (*Lontra longicaudis*) é o único representante da família Lutrinae presente no NE e, até recentemente, pouco conhecida nesta região (Fig. 9.8). Registros a partir de 2003 confirmaram a presença da lontra em todos os estados do NE com exceção do Ceará (Souto, 2012; Astúa et al., 2010; Dantas & Donato, 2011; Mendonça & Mendonça, 2012; Dias & Bocchiglieri, 2016; Fernandes, 2003; Feijó & Langguth, 2013; Toledo et al., 2014, Laurentino & Sousa, 2014; Mesquita & Meneses, 2015).

Nos últimos 5 anos, esforços adicionais de pesquisadores na UFRN em 16 bacias hidrográficas nordestinas localizadas nos biomas Caatinga, Mata Atlântica e Cerrado resultaram em um melhor entendimento da distribuição e do comportamento das lontras (Rosas-Ribeiro et al., 2017), particularmente no Rio Grande do Norte (Laurentino et al., 2020). A espécie ocorre associada a corpos d'água doce e estuarinos (Eisenberg & Redford, 1999; Rodrigues et al., 2013) mas está ausente em bacias hidrográficas inseridas completamente na Caatinga (estado do Ceará) e onde a Caatinga e o Cerrado se encontram (Piauí). Foi registrada no Cerrado do sul do Piauí e em 10 bacias hidrográficas onde a Caatinga está ligada a outros biomas, principalmente em



**Figura 9.8** Lontra neotropical. **Fonte** Projeto Lontra Viva.

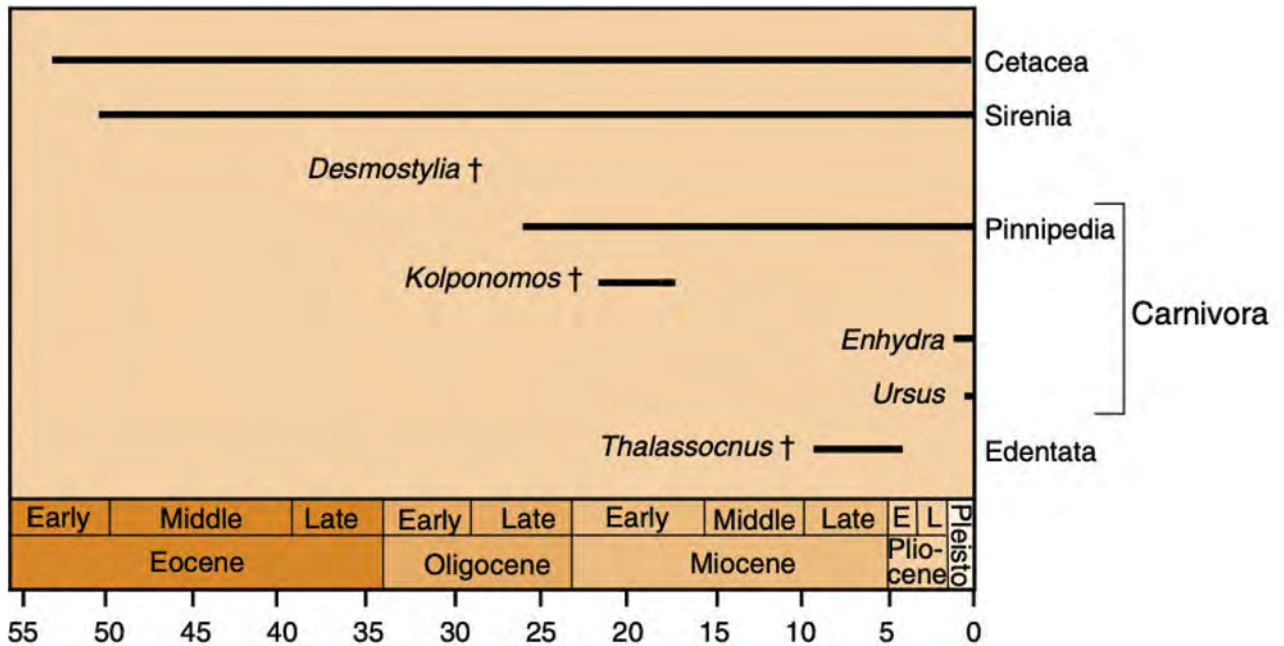
áreas de transição entre Caatinga e Mata Atlântica, demonstrando a íntima associação da espécie com corpos d'água perenes (Rosas-Ribeiro et al., 2017). Novos registros da lontra em Áreas de Proteção Ambiental (Bonfim-Guaráras e Piquiri-Una) na costa leste do RN (Laurentino et al., 2020) enfatizam a importância dessas áreas protegidas para a espécie. A fragmentação e poluição dos habitats utilizados pela lontra são os maiores vilões para sua conservação, portanto suas populações estão em declínio (Melo, 2013). Apesar da lontra não estar incluída na lista nacional de espécies ameaçadas (ICMBio/MMA 2018), é considerada pela IUCN como quase ameaçada (Rheingantz & Trinca, 2015).

## 4. HISTÓRIA EVOLUTIVA DOS MAMÍFEROS AQUÁTICOS

O processo de evolução dos mamíferos aquáticos ainda não é totalmente compreendido. Contudo, sabe-se que é um grupo parafilético e supõe-se que os diferentes grupos existentes atualmente foram originados a partir de ancestrais terrestres que colonizaram o ambiente aquático. No caso dos mamíferos aquáticos, esse processo é bastante notável e as adaptações sofridas durante a transição do ambiente terrestre para o aquático são bem características. Estas adaptações serão melhor abordadas no próximo tópico, neste apresentaremos uma breve história evolutiva de cada grupo (Fig. 9.9).

### 4.1. Cetáceos

É possivelmente o mais antigo grupo dos mamíferos a colonizar o ambiente aquático. A maioria dos especialistas acredita que as espécies atuais evoluíram a partir de animais terrestres parecidos com lobos ou hienas que colonizavam pântanos salgados há cerca de 50-55 milhões de anos (Fig. 9.9). Os cetáceos mais antigos são conhecidos por fósseis encontrados na Índia e no Paquistão, pertencentes ao grupo ARCHAEOCETI, e



**Figura 9.9** História evolutiva dos mamíferos aquáticos (reproduzido de Berta et al. (2005); (2015)). No eixo inferior é a escala temporal em milhões de anos atrás.

aparentemente seus ancestrais eram oriundos do Mar de Tethys. Este grupo também parece dividir um ancestral comum ao dos hipopótamos no início de sua evolução (Eoceno). *Pakicetus* é o mais antigo arqueoceto conhecido. Estimativas para datas de divergência entre MYSTICETI e ODONTOCETI a partir de um ancestral comum arqueoceto são de aproximadamente 35 milhões de anos, baseado em dados moleculares e registros fósseis. Os primeiros mysticetos ainda apresentavam algum vestígio de dentição e parecem ter surgido no médio Mioceno. A família Balaenopteridae parece ter sido a primeira ainda no Mioceno e as duas mais recentes famílias Neobalaenidae e Eschrichtidae apareceram no final do Plioceno, início do Pleistoceno. Contudo, a relação entre as famílias atuais de mysticetos ainda não está completamente resolvida devido a conflitos entre dados morfológicos e moleculares.

ODONTOCETI é amplamente reconhecido como um grupo monofilético, e parecem ter surgido no final do período Eoceno e início do Oligoceno.

Acredita-se que neste momento começou a evolução do sistema de ecolocalização (Ver tópico: [Adaptações à vida aquática](#)). Dentre as atuais famílias de odontocetos, as mais antigas (Physeteridae e Platanistidae) surgiram no início do Mioceno. Supõe-se que as baleias bicudas (família Ziphiidae) surgiram pouco depois da família Physeteridae (cachalotes) há cerca de 20 milhões de anos. Contudo, vale ressaltar que estas relações ainda estão sendo debatidas entre os pesquisadores, pois ainda existem controvérsias. Mas há consenso, tanto a partir de dados morfológicos como moleculares, de que as baleias bicudas e os cachalotes são odontocetos basais, ou seja, são menos divergentes do ancestral comum que deu origem a todos os odontocetos. A superfamília que compreende os golfinhos e seus parentes mais próximos (Delphinidae Delphinoidea) parece ter evoluído de uma família originada no Mioceno chamada Kentriodontidae e as modernas famílias Delphinidae, Phocoenidae e Monodontidae devem ter surgido no meio do mesmo período.

#### 4.2. Sirênios

O registro fóssil mais antigo dos sirênios data aproximadamente 50 milhões de anos atrás (Fig. 9.9). A maioria dos especialistas aceita que eles tenham um ancestral comum com um grupo de animais conhecidos como os “sub-ungulados” de onde se destacam, como melhor exemplo, os elefantes. Também é amplamente aceito que são um grupo monofilético. Os sirênios primitivos provavelmente eram herbívoros semi-aquáticos fluviais ou estuarinos, com membros posteriores funcionais. Embora presuma-se que eles tenham surgido no Velho Mundo (Eurásia ou África), o fóssil mais antigo foi encontrado na Jamaica. Os sirênios registraram sua maior diversidade nos períodos Oligoceno e Mioceno quando várias espécies se espalharam e colonizaram novas regiões. A família ancestral conhecida como Protosirenidae parece ter dado origem às duas famílias atuais de sirênios. Destas, os peixes-boi (família Trichechidae) provavelmente se originaram dos dugongos (família Dugongidae).

#### 4.3. Pinípedes

O registro fóssil mais antigo data entre 27-25 milhões de anos (Fig. 9.9) no Pacífico Norte. Acredita-se que as famílias Otariidae, Odobenidae e Phocidae tiveram origens de um ancestral comum, a família Ursidae, no Oligoceno. Dentro dos otarídeos, o grupo evolutivamente mais recente dentre os pinípedes, a história evolutiva dos lobos e leões-marinhos parece ter sido bem mais complexa. Os leões-marinhos aparentam ser mais recentes que os lobos-marinhos e devem ter se dispersado do Pacífico Norte para o Hemisfério Sul, onde são bastante comuns, cerca de 11 milhões de anos atrás. A evolução dos focídeos é bem menos conhecida principalmente pela falta de registros fósseis e pela fragmentação do material existente. Supõe-se que eles surgiram no Atlântico Norte, no início do período Mioceno, há cerca de 25 milhões de anos. Quanto às morsas (odobonídeos), dados moleculares sugerem que elas estão mais próximas evolutivamente dos otarídeos do que dos focídeos.

#### 4.4. Outros carnívoros: lontra, ariranha e urso polar

Os fósseis mais antigos conhecidos da subfamília Lutrinae são do Oligoceno, no entanto há um registro de Lutrinae (*Paralutra*) no Mioceno. Os registros mais abundantes na América do Sul, porém, são restritos ao Pleistoceno, representados pelo gênero *Lontra*. Contudo, ainda existem muitos conflitos taxonômicos e moleculares sobre as relações filogenéticas deste grupo. Por exemplo, através de análises mais recentes para deduzir as relações filogenéticas da família Lutrinae, foi possível concluir que a Lontra e a Lutra formam dois grupos monofiléticos, comprovando assim a separação dos dois gêneros (que antes era somente *Lutra*). A lontra-marinha moderna (*Enhydra lutris*) surgiu no Pacífico Norte somente entre 1-3 milhões de anos atrás (Fig. 9.9). Em relação a ariranha, o ancestral da espécie parece ter migrado da América do Norte durante o Plioceno ou início do Pleistoceno.

O registro fóssil mais antigo do urso-polar (*Ursus maritimus*) data do Pleistoceno. Apesar de muitos estudos genéticos e morfológicos comparando-o com o seu semelhante o urso-pardo (*U. arctos*), a época da divergência evolutiva entre eles ainda é incerta e bastante controversa, com estimativas que variam entre 5-4 milhões e 800-150.000 anos.

## 5. ADAPTAÇÕES À VIDA AQUÁTICA

A evolução dos mamíferos aquáticos foi acompanhada de importantes adaptações para a vida no ambiente aquático. O processo gradual de transição de um meio terrestre para um habitat aquático exigiu uma série de transformações anatômicas e fisiológicas. Entre todos os grupos de mamíferos aquáticos, os cetáceos foram os que apresentaram as maiores modificações para a vida exclusivamente aquática, como será visto a seguir. Lembrando o que foi colocado no tópico anterior, no caso dos cetáceos este processo gradual começou há cerca de 50 milhões de anos atrás.

## 5.1. Adaptações anatômicas

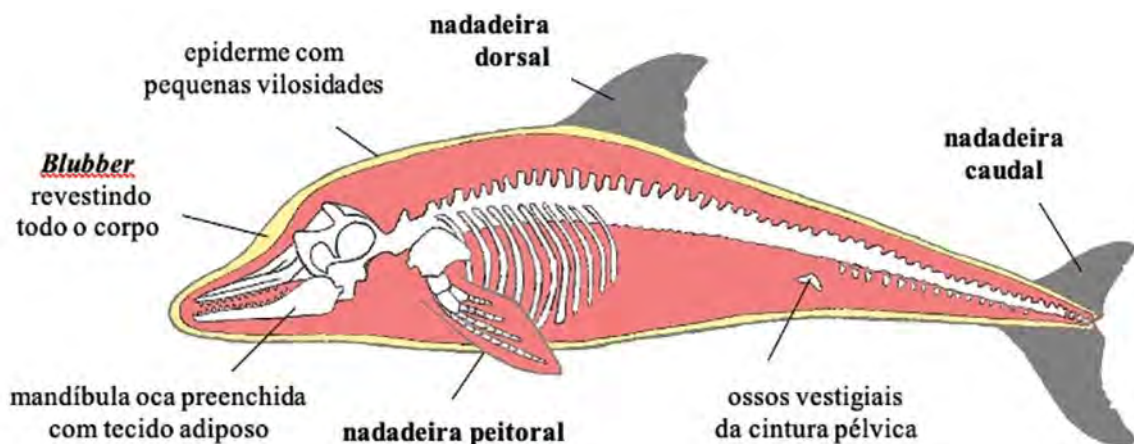
### 5.1.1. Tamanho, forma e membros

Não existem mamíferos terrestres que atinjam dimensões tão grandes quando comparados com muitos cetáceos. Na realidade, o elefante (maior mamífero terrestre) pode atingir 4 m de comprimento e pesar cerca de 4 toneladas, ou seja, ele é menor e mais leve que muitas espécies de baleias e alguns odontocetos. Este tamanho grande favorece bastante os cetáceos, animais homeotérmicos, pois a relação superfície volume contribui para reduzir a perda de calor.

Em todos os grupos de mamíferos aquáticos o corpo tornou-se fusiforme e hidrodinâmico e as principais modificações observadas ocorreram para diminuir o atrito da água e tornar mais eficiente seu desempenho durante a natação. Baleias e golfinhos perderam a maioria dos pelos do corpo para diminuir ainda mais o atrito pela água, e aqueles restantes foram modificados em vibrissas com função sensorial. Os membros anteriores foram modificados em nadadeiras. Nos cetáceos e sirênios eles são responsáveis pelas manobras embaixo da água. Nos leões-marinhos e nas morsas os membros

anteriores têm função propulsora dentro da água e locomotora em terra. Nos focídeos os membros anteriores servem apenas de apoio e possuem pouca função locomotora pois em terra as focas se locomovem rastejando.

Em cetáceos e sirênios os membros posteriores e a cintura pélvica desapareceram. Atualmente a única evidência da presença dessas estruturas em ambos os grupos é o par de ossos vestigiais (Fig. 9.10) sem função aparente que está inserido na musculatura desses dois grupos. Nos otarídeos e odobenídeos os membros posteriores servem de apoio para a locomoção em terra e nas focas são responsáveis pela propulsão. Já a propulsão nos cetáceos e sirênios é realizada por uma nadadeira caudal larga e achatada. A coluna vertebral se alongou através de um aumento no número de vértebras e se modificou a fim de sustentar os fortes músculos que movimentam a nadadeira caudal para cima e para baixo durante a natação. Os cetáceos desenvolveram ainda uma nadadeira dorsal que funciona como um leme e ajuda a manter o equilíbrio. As nadadeiras dorsal e caudal são desprovidas de ossos, sendo formadas por tecido conjuntivo denso.



**Figura 9.10** Corpo fusiforme e hidrodinâmico mostrando características evolutivas. **Adaptado** <http://www.ccaro.org/c-adaptations-for-aquatic-life.php>.

Nos cetáceos e sirênios as glândulas mamárias e os órgãos genitais masculinos foram internalizados, a orelha desapareceu e deu lugar a um pequeno orifício. Assim não existem partes protuberantes do corpo que atrapalhem seu movimento causando atrito com a água. No caso dos pinípedes, também houve internalização dos órgãos genitais e apenas os otarídeos possuem um pequeno pavilhão auditivo.

Os cetáceos ainda apresentam duas outras modificações evolutivas diminuindo ainda mais o atrito da água. As células epiteliais produzem gotas lipídicas (vacúolos lipídicos) que se distribuem uniformemente pela pele, tornando-a mais elástica e facilitando o deslizamento de água sobre ela. Além disso, em alguns golfinhos a pele também possui pequenas vilosidades que funcionam como calhas, canalizando o fluxo de água junto à superfície do corpo e mantendo um elevado grau de eficiência durante a natação.

### 5.1.2. Camada de gordura: *blubber*

Outra importante adaptação anatômica da maioria dos mamíferos aquáticos foi desenvolver uma camada de gordura que se localiza entre a pele e a musculatura chamada *blubber* (Fig. 9.10). Esta camada de gordura envolve quase todo o corpo do animal (com exceção das nadadeiras peitorais e caudal) e contribui para manter a flutuabilidade positiva dos mamíferos aquáticos. Em algumas espécies, como as baleias francas (família Balaenidae) a *blubber* pode atingir cerca de 50 cm de espessura, a maior dentre os mamíferos aquáticos. A camada de gordura também serve como importante isolante térmico evitando a perda de calor pelo corpo. Ainda, a *blubber* é uma importante camada de reserva energética, principalmente para as espécies migratórias. Durante os períodos de alimentação em regiões polares, a energia acumulada pelas baleias antes do período migratório e reprodutivo, quando raramente se alimentam, é armazenada sob a forma de energia na camada de *blubber*.

### 5.1.3. Telescopia craniana

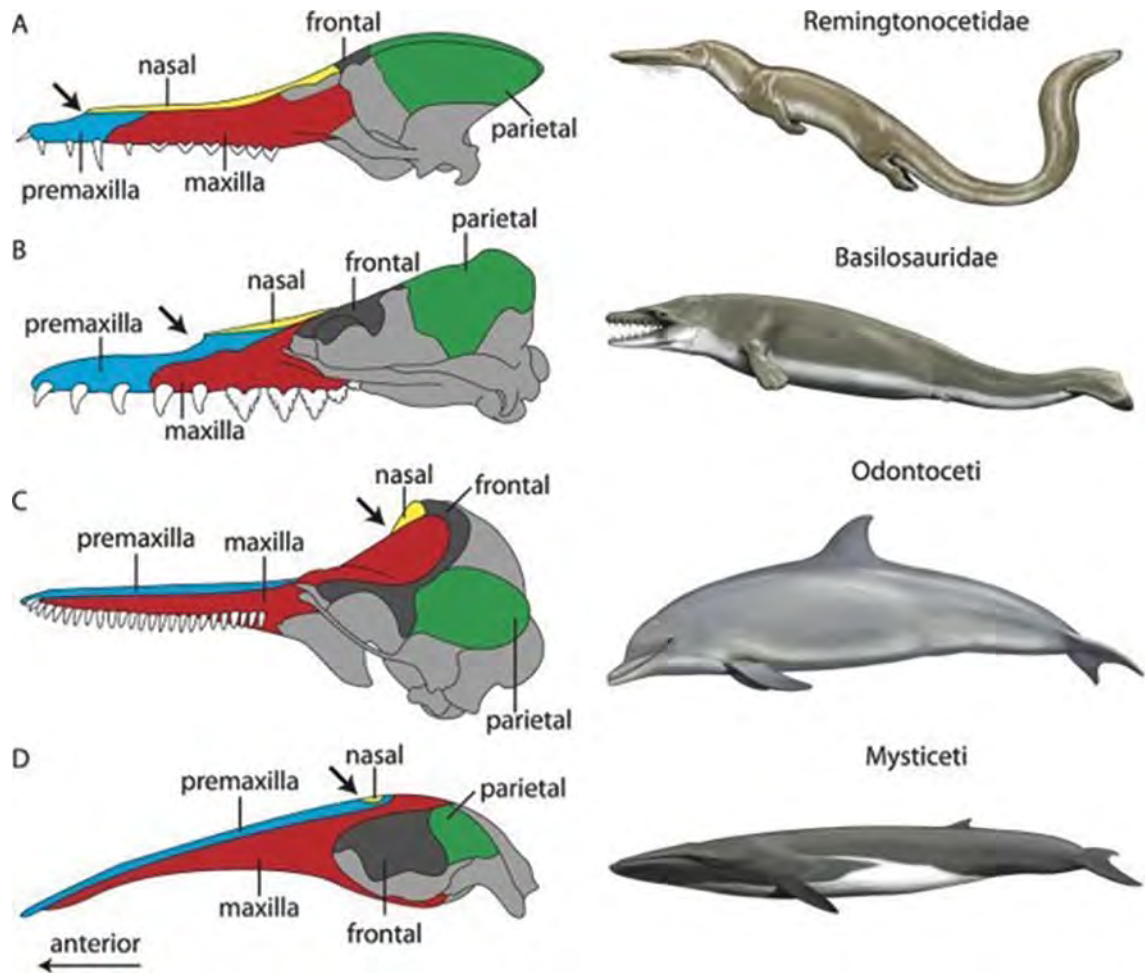
Adaptação evolutiva específica dos cetáceos, esta modificação notável se resume na migração progressiva das narinas da ponta do focinho, como num cachorro, para o topo da cabeça (Fig. 9.11). Isso permitiu aos cetáceos respirar sem a necessidade de tirar a cabeça da água e interromper o movimento de natação. Esse processo de “migração” das narinas foi chamado de “telescopia do crânio” e envolve uma série de modificações anatômicas na musculatura e nos ossos cranianos. Os fósseis mais antigos (família Archaeoceti) ainda possuem as narinas em posição anterior. Alguns grupos posteriores aos Archaeoceti já apresentam os orifícios respiratórios em posição intermediária e nos cetáceos mais recentes são encontrados na região dorsal do crânio. Em outras palavras, suas narinas estão no topo da cabeça.

## 5.2. Adaptações fisiológicas

### 5.2.1. Termorregulação

Como os mamíferos aquáticos são endotérmicos, também tiveram que desenvolver mecanismos para diminuir ou evitar a perda de calor em águas frias ou ajudar a resfriar o corpo em águas quentes. Além de isolante térmico, por entre a *blubber* passam pequenas redes de vasos que levam o sangue para a periferia do corpo. Nesta região, existe um sistema de circulação contra-corrente onde as veias são envolvidas por artérias. O sangue resfriado proveniente da superfície corporal encontra o sangue à temperatura normal do corpo que passa pela veia. Há uma troca de calor que faz com que o sangue resfriado se aqueça e o aquecido se resfrie, reduzindo assim a perda de calor pela pele. A perda de apêndices corporais e a aquisição de uma forma fusiforme fizeram com que a razão superfície/ volume do corpo fosse reduzida, facilitando a manutenção do calor. Por último, uma taxa metabólica reduzida e a diminuição da taxa de respiração também contribuem na manutenção da temperatura corporal.





**Figura 9.11** Telescopia craniana mostrando a migração da estrutura nasal (flecha preta) de um **A**) arqueoceto do início do Eoceno (Remingtonocetidae), na ponta do rosto, passando para uma posição intermediária em um **B**) arqueoceto do médio Eoceno (Basilosauridae) e a recente posição no topo da cabeça de **C**) odontocetos e **D**) misticetos. **Fonte** Berta et al. (2014).

### 5.2.2. Fisiologia do mergulho e respiração

A maioria dos mamíferos aquáticos possui a capacidade de permanecer muito tempo submersos. Alguns cetáceos (baleias bicudas e cachalote) chegam a permanecer mais de três horas mergulhando sendo o maior tempo já registrado de 3 horas e 42 minutos por uma baleia-bicuda-de-Cuvier (Quick et al., 2020), e atingir

aproximadamente 3.000 m de profundidade (Schorr et al., 2014) sem respirar mais de quatro vezes por minuto quando em descanso. Na realidade, a capacidade de se manter submerso varia de espécie para espécie e muitas vezes reflete a maneira de se alimentar e as presas preferidas dos animais. Além disto, o ar nos pulmões não possui uma função tão significativa no mergulho dos cetáceos. Inicialmente

porque a quantidade de oxigênio armazenada nos pulmões seria facilmente consumida nos primeiros minutos de um mergulho profundo e posteriormente porque em grandes profundidades a pressão imposta pela água comprimiria o pulmão e qualquer quantidade de ar que permanecesse no seu interior. Por um lado, a compressão pulmonar impede o armazenamento de ar nos pulmões, mas por outro, evita com que os mamíferos aquáticos sofram de doenças relacionadas ao mergulho de longa duração. O diafragma está disposto obliquamente de maneira que, à medida que a pressão aumenta, os órgãos abdominais pressionam o pulmão contra o esterno e as costelas. O gás, que depois de um período está composto basicamente de nitrogênio, é então empurrado desde os pulmões para o interior da traqueia. Esta possui uma parede bastante espessa que impede a passagem de nitrogênio para o sangue. Por isso, a quantidade deste gás na corrente sanguínea torna-se mínima evitando a doença descompressiva e a embolia. Incapazes de manter o oxigênio nos pulmões, os mamíferos aquáticos se adaptaram para armazená-lo nos locais onde ele é mais necessário: no sangue e nos músculos, como nota-se a seguir:

Tecidos e Fluídos	Porcentagem média de Oxigênio	
	Seres Humanos	Cetáceos
Pulmões	34%	9%
Sangue	41%	41%
Músculos	13%	41%
Outros tecidos	12%	9%

Fonte Würsig et al. (2017).

Eles possuem um grande volume de sangue no corpo e uma grande extensão de vasos para armazená-lo (*Retia mirabilia*) situada na região dorsal do corpo, abaixo da coluna vertebral. O sangue é bastante rico em hemoglobina e transporta o oxigênio por todo o corpo, principalmente para o cérebro. Os músculos possuem grandes quantidades de mioglobina, um pigmento de função semelhante à hemoglobina do sangue. Estima-se que para alguns odontocetos

até cerca de 50% do oxigênio disponível seja armazenado pelos músculos. Além disso, os cetáceos possuem a capacidade de manter o sangue circulando por órgãos essenciais: é o mecanismo denominado vasoconstrição periférica. Por meio de constrição muscular, os vasos periféricos do corpo são comprimidos durante longos e profundos mergulhos e o sangue circulante fica restrito aos órgãos mais importantes: coração e cérebro. Quando o nível de oxigênio diminui, outros mecanismos podem ser ativados. O coração passa a bater em longos intervalos que podem chegar a 10% dos batimentos normais e fazem com que o sangue circule bem mais lento e o oxigênio seja aproveitado ao máximo. Esse processo é denominado bradicardia. No músculo, pode haver ainda respiração anaeróbica com a produção de oxigênio através da produção de ácido láctico. Esse oxigênio é repostado no retorno à superfície e o ácido láctico é reconvertido.

### 5.2.3. O sistema de ecolocalização ou biosonar

Para compensar a diminuição da luz no meio aquático (**ex:** zonas estuarinas, zonas mais profundas) e a consequente diminuição da eficiência no sentido da visão, os odontocetos desenvolveram uma maneira de “enxergar” com o ouvido: o sistema de ecolocalização ou biosonar (Fig. 9.12). Este sistema é exclusivo dos odontocetos, mas existem especulações que os mysticetos possam apresentar um sistema parecido mais rudimentar. O grande conhecimento deste sistema foi devido a pesquisas e experiências com golfinhos em cativeiro, o que obviamente não é possível com uma baleia.

A ecolocalização funciona de maneira semelhante ao sonar utilizado por morcegos para se orientar e pelo homem em submarinos e navios, e aparelhos de uso médico como os ecógrafos e ultrasons. O som emitido se propaga pelo meio, reflete numa determinada barreira, retorna na forma de ecos, é captado e transformado em imagens. Nos cetáceos os sons de ecolocalização chamados de “clicks” possuem duração muito curta, às vezes da ordem

de um milissegundo, e são emitidos várias vezes por segundo num intervalo de frequência variável. Os clicks são produzidos nas vias aéreas logo abaixo do orifício respiratório e são direcionados pelo “melão” (Fig. 9.12). O melão é um órgão localizado na frente da cabeça dos odontocetos e é formado basicamente de tecido adiposo, muito eficiente na condução e direcionamento do som. Ele possui a capacidade de ser contraído, modificando sua forma para alterar a largura do feixe de ondas sonoras emitidas. O som se propaga pela água até atingir uma determinada barreira que pode ser a superfície do fundo do mar, um peixe, uma lula ou qualquer obstáculo que esteja ao seu alcance. O mais interessante é que os ecos refletidos são captados através da mandíbula (não diretamente pelo ouvido) que é preenchida por um tecido semelhante ao que forma o melão. A mandíbula então passa o som recebido para o ouvido interno, que é transformado em impulso nervoso e enviado ao cérebro. O intervalo de tempo entre a emissão do som e a recepção do eco indica a distância em que se encontra o objeto. Utilizando o eficiente sistema de ecolocalização, o cetáceo identifica a forma, a textura, o tamanho e a distância de suas presas ou de qualquer outro objeto.



**Figura 9.12** Esquema do sistema de ecolocalização ou biosonar dos odontocetos. Parte superior: produção e emissão do som. Parte inferior: recepção e transformação do som.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, M. D. O. et al. **Primeiro registro de falsa orca, *Pseudorca crassidens* (Cetacea: Delphinidae), para o litoral do estado do Ceará.** Arq. Cien. Mar, v. 35, p. 107–112, 2002.
- ALVES-JÚNIOR, T. T. et al. **Records of cetaceans in coastal waters off Ceará State, Brazil.** Arq. Ciên. Mar, v. 30, n. 1–2, p. 79–92, 1996.
- ANDRIOLO, A. et al. **Distribution and relative abundance of large whales in a former whaling ground off eastern South America.** Zoologia (Curitiba), v. 27, n. 5, p. 741–750, 2010.
- ANTONELLI, H.H.; LODI, L.; BOROBIA, M. **Avistagens de cetáceos no período 1980 a 1985 no litoral da Paraíba, Brasil.** In: Proceedings of the 2a Reunião de Trabalhos de Especialistas em Mamíferos Aquáticos de América do Sul. Rio de Janeiro, p. 114, 1987.
- ARAÚJO, J. P. et al. **The influence of seasonality, tide and time of activities on the behavior of *Sotalia guianensis* (Van Bénédén) (Cetacea, Delphinidae) in Pernambuco, Brazil.** Revista Brasileira de Zoologia, v. 24, n. 4, p. 1122–1130, 2007.
- ASTÚA, Diego et al. **On the occurrence of the Neotropical Otter (*Lontra longicaudis*) (Mammalia, Mustelidae) in northeastern Brazil.** Mammalia, v. 74, p. 213–217, 2010.
- ATTADEMO, F. L. N. et al. **Retrospective Survey for Pathogens in Stranded Marine Mammals in Northeastern Brazil: *Brucella* spp. infection in a Clymene Dolphin (*Stenella clymene*).** Journal of Wildlife Diseases, v. 54, n. 1, p. 151–155, 1 jan. 2018.
- BALENSIEFER, D. C.; MARQUES, C.; LUNA, F. DE O. Brazil. **Progress report on cetacean research, March 2010 to March 2011, with statistical data for the calendar year 2010.** In: Report to the International Whaling Commission, SC/63/ProgRepBrazil, 2011.
- BANDEIRA, V. R. **Análise de marcas de predação em cetáceos utilizando fotoidentificação.** Monografia (Bacharelado em Biologia)- Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016. 19 p.
- BARACHO, C.G., MÁZ-ROSA, S.; MARCOVALDI, E. **Primeiro registro da baleia-franca-do-sul (*Eubalaena australis*) no Litoral Norte da Bahia-Brasil.** In: 10ª Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América Del Sur y 4º Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos, Valdivia, Chile, 2002.
- BARRETO, A. S. B. et al. **Plano de ação nacional para a conservação dos mamíferos aquáticos: pequenos cetáceos.** ROCHA-CAMPOS, C. C.; CÂMARA, I. de G.; PRRETO, D. J. (org). Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade- ICMBio, 2010. 132 p.

- BASTIDA, R. O. et al. **Mamíferos acuáticos de Sudamérica y Antártida**. Vázquez Mazzini Editores, 2007.
- BASTOS, B. L. et al. **Avaliação hematológica e dosagem bioquímica de ALT, AST e creatinina em elefante-marinho-do-sul, *Mirounga leonina* (Linnaeus, 1758), encontrado no litoral de Salvador, Bahia**. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v. 43, n. 1, p. 18, 2006.
- BATISTA, R. L. G. et al. **Cetaceans registered on the coast of Ilhéus (Bahia), northeastern Brazil**. Biota Neotropica, v. 12, n. 1, p. 31–38, 2012.
- BECEGATO, E. Z. et al. **Reproductive morphology of female Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*)**. In: Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 87, n. 3, p. 1727–1736, 2015.
- BERTA, A.; CHURCHILL, M. **Pinniped taxonomy: review of currently recognized species and subspecies, and evidence used for their description**. Mammal Review, v. 42, n. 3, p. 207–234, 2012.
- BERTA, A.; SUMICH, J.L.; KOVACS, K.M. **Marine mammals: evolutionary biology**. Elsevier, 2015.
- BERTA, Annalisa; EKDALE, Eric G.; CRANFORD, Ted W. **Review of the cetacean nose: form, function, and evolution**. The Anatomical Record, v. 297, n. 11, p. 2205–2215, 2014.
- BEST, R. C.; DA SILVA, V. M. **Peixe-boi. Uma sereia na represa**. Cespaulista, v. 16, p. 26–29, 1979.
- BÔAVIAGEM FREIRE, A. C. **Pesquisa de metais pesados em peixes-bois marinhos (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758)**. 2016. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.
- BORGES, J. C. G. et al. ***Cryptosporidium* spp. and *Giardia* sp. in aquatic mammals in northern and northeastern Brazil**. Diseases of Aquatic Organisms, v. 126, n. 1, p. 25–31, 20 set. 2017.
- BOROBIA, M. et al. **Distribution of the South American dolphin *Sotalia fluviatilis***. Canadian Journal of Zoology, v. 69, p. 1025–1039, 1991.
- CAON, G. et al. **Os mamíferos marinhos**. In: O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica. Viana, D.; Hazin, F. V. & Souza, M. A. C. (Orgs.), Brasília, DF: SECIRM, v.1, p. 278–285, 2010.
- CASTELLO, H. P. Registros del elefante marino, *Mirounga leonina* (Carnivora, Phocidae), en las costas del Atlántico S. O. fuera del area de cria. Rev. Mus. Arg. Cienc. Nat., Zoología, tomo XIII, v. 24, p. 235–243, 1984.
- CHOI, K.F. **Áreas prioritárias para a conservação do peixe-boi-marinho *Trichechus manatus* no Ceará e no Rio Grande do Norte**. 2011. 264f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, 2011.
- CHOI, K.F. et al. **Desenho da área de um refúgio de vida silvestre para a conservação do peixe-boi-marinho**. Natureza & Conservação, v. 7, n.2, p.82–89, 2009.
- CONCEIÇÃO, G. F. **Avaliação e perspectivas do monitoramento de mamíferos marinhos durante atividades de perfuração de poços marítimos na bacia de Sergipe/Alagoas**. Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)- Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2015. 120 p.
- CORRÊA, G. C. **Morfologia do complexo tímpano-periótico de cetáceos encaçados no Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado em Biologia Estrutural e Funcional)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- COSTA, A. F. et al. **Stranding survey as a framework to investigate rare cetacean records of the north and north-eastern Brazilian coasts**. ZooKeys, v. 688, p. 111–134, 8 jul. 2017.
- CYPRIANO-SOUZA, A. L. et al. **Rare or cryptic? The first report of an Omura's whale (*Balaenoptera omurai*) in the South Atlantic Ocean**. Marine Mammal Science, p. 1–16, 2016.
- D'AFFONSECA NETO, J.A.; VERGARA-PARENTE, J.E. **Sirenia (peixe-boi-da-Amazônia, peixeboi-marinho)**. In: CUBAS, Z.S.; SILVA, J.C.R.; CATÃO DIAS, J.L. (eds.). Tratado de Animais Selvagens: medicina veterinária. Editora Roca, p. 701–714. 2006.
- DA COSTA FOPPEL, E. F.; FERRARI, S. F. **Twelve years of "Astro" in Sergipe State: in search of harmony between the manatee and the local waterside communities**. Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 34, n. 4, p. 429–436, 2012.
- DA ROCHA, J. M.; BRAGA, N. M. A. Brazil. **Progress report on cetacean research, June 1980 to May 1981**. Rep. Int. Whal. Commn, v. 32, p. 155–159, 1982.
- DA ROCHA, J. M.; OTT, P. H. Brazil. **Progress report on cetacean research, March 2003 to February 2004, with statistical data for the calendar year 2003 or season 2003/2004**. In: Report to the International Whaling Commission, SC/56/Prog Rep Brazil, 2004.
- DA ROCHA, J.M. **Revision of Brazilian whaling data**. Report of the International Whaling Commission, v. 33, p. 419–427, 1983.
- DANTAS, C. C. et al. **Estudo Preliminar Etológico de Mamíferos Marinhos com Ocorrência na Praia de São Cristóvão, Areia Branca, RN**. In: Anais do VI Encontro Nacional sobre Conservação e Pesquisa de Mamíferos Aquáticos e 2º Simpósio Nordestino de Mamíferos Aquáticos, Salvador, 2009.
- DANTAS, Mário André Trindade; DONATO, Christiane Ramos. **Registro de *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818) na gruta da pedra branca, Maruim, Sergipe, Brasil**. Scientia Plena, v. 7, n. 8, 2011.

- DE CARVALHO, M. S. et al. **Opportunistic Sightings of Dolphins (MAMMALIA, CETACEA, DELPHINIDAE) in the North Coast of Bahia State, Northeastern Brazil, Between 2001 and 2006.** In: ROSSI-SANTOS, M. R.; FINKL, C. W. (Eds.). *Advances in Marine Vertebrate Research in Latin America: Technological Innovation and Conservation*. [s.l.]. Coastal Research Library 22, p. 197–220, 2018.
- DE MOURA, J. F. et al. **Southern elephant seals (*Mirounga leonina*) along the Brazilian coast: review and additional records.** *Marine Biodiversity Records*, v. 3, p. 1–5, 2010.
- DEUTSCH, C.J.; SELF-SULLIVAN, C.; MIGNUCCI-GIANNONI, A. ***Trichechus manatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008.** Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T22103A9356917.en>> Acesso em: 28 ago. 2020.
- DI AZEVEDO, M. I. N. et al. **Morphological and genetic identification of *Anisakis paggiae* (Nematoda: Anisakidae) in dwarf sperm whale *Kogia sima* from Brazilian waters.** *Diseases of Aquatic Organisms*, v. 113, p. 103–111, 2015.
- DI AZEVEDO, M. I. N.; CARVALHO, V. L.; IÑIGUEZ, A. M. **First record of the anisakid nematode *Anisakis nascettii* in the Gervais' beaked whale *Mesoplodon europaeus* from Brazil.** *Journal of Helminthology*, v. 90, p. 48–53, 2016.
- DI AZEVEDO, M. I. N.; CARVALHO, V. L.; IÑIGUEZ, A. M. **Integrative taxonomy of anisakid nematodes in stranded cetaceans from Brazilian waters: an update on parasite's hosts and geographical records.** *Parasitology Research*, v. 116, n. 11, p. 3105–3116, 2017.
- DIAS, D.M.; BOCCHIGLIERI, A. **Richness and habitat use by medium and large size mammals in Caatinga, northeastern Brazil.** *Neotropical Biology and Conservation*, v. 11, n. 1, p. 38-46, 2016.
- EISENBERG, J.F.; REDFORD, K. H. **Mammals of the Neotropics, Volume 3: The Central Neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil.** In: *Mammals Of The Neotropics, Volume 3: The Central Neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil*. 1989. 609 p.
- ENGEL, M. H. et al. **Ocorrência de baleias francas *Eubalaena australis* em área de reprodução da baleia-jubarte, *Megaptera novaeangliae*, no Banco de Abrolhos, Bahia.** In: *Resumos do XI Encontro de Zoologia do Nordeste*, Fortaleza, p. 78, 1997.
- ERBER, C. et al. **The monitoring of marine mammals on board seismic vessels as tool for the knowledge of the distribution of the Genus *Stenella* in the Brazilian coast.** In: *Annual Meeting of the Society for Conservation Biology*, Brasília, Universidade de Brasília. v. 19, p.68, 2005.
- FALCÃO, L. H. O. et al. **Molecular identification of cetaceans from the west Atlantic using the E3-I5 region of COI.** *Genetics and Molecular Research*, v. 16, n. 2, p. 1–10, 2017.
- FEIJÓ, A.; LANGGUTH, A. **Mamíferos de médio e grande porte do Nordeste do Brasil: distribuição e taxonomia, com descrição de novas espécies.** *Revista Nordestina de Biologia*, v. 22, n. 1/2, p. 3-225, 2013.
- FLORES, P. A. C.; LUNA, F. de O. Brazil. **Progress report on cetacean research, March 2009 to February 2010, with statistical data for the calendar year 2009.** In: *Report to the International Whaling Commission, SC/62/Prog Rep Brazil*, 2010.
- GONÇALVES, M. I. C. et al. **Low latitude habitat use patterns of a recovering population of humpback whales.** *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 98, n. 5, p. 1087–1096, 2018.
- GURIÃO, L. M.; FREITAS, J. E. F.; ARAÚJO, D. S. **Sightings of dolphins during seismic surveys on the coast of Bahia state, Brazil.** *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, v. 3, n. 2, p. 171–175, 31 dez. 2004.
- HANEY, T. A.; DE ALMEIDA, A. O.; REIS, M. S. S. **A new species of cyamid (Crustacea: Amphipoda) from a stranded cetacean in Southern Bahia, Brazil.** *Bulletin of Marine Science*, v. 75, n. 3, p. 409–421, 2004.
- HETZEL, B.; LODI, L. **Baleias, Botos e Golfinhos: Guia de identificação para o Brasil.** Nova Fronteira, Rio de Janeiro. 1993. 279 p.
- ICMBio/MMA. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II – Mamíferos 1.** ed. Brasília, DF, 2018.
- INSTITUTO BIOTA DA CONSERVAÇÃO. **Golfinho é encontrado morto na praia de Sonho Verde, em Paripueira, AL.** G1 AL, Alagoas, 22 de jul. de 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2018/07/22/golfinho-e-encontrado-morto-na-praia-de-sonho-verde-em-paripueira-al.ghtml>>. Acesso em: 27, ago. 2020.
- IUCN Red List of Threatened Species** <https://www.iucnredlist.org>
- IWC International Whaling Commission** <https://iwc.int/home>
- LAURENTINO, I. C.; SOUSA, R. T. M. **Unprecedented occurrence of *Lontra longicaudis* (Olfers 1818) in the state of Rio Grande do Norte, Brazil.** *Revista Eletrônica de Biologia*, v. 7, n. 4, p. 458-474, 2014.
- LIMA, R. P. et al. **Levantamento da distribuição, ocorrência e status de conservação do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*, Linnaeus, 1758) no litoral nordeste do Brasil.** *Natural Resources*, Aquidabã, v. 1, n. 2, p. 41–57, 2011.
- Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume I.** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 1. ed., Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018. 492 p.
- LODI L.; SICILIANO S. **A southern elephant seal in Brazil.** *Marine Mammal Science*, v.5, p. 313, 1989.

- LODI, L. **Ocorrências de baleias-jubarte no Arquipélago de Fernando de Noronha, incluindo um resumo de registros de capturas no Nordeste do Brasil.** *Biotemas*, v. 7, n. 1 e 2, p. 116-123, 1994.
- LUCENA, A. **Estrutura populacional da *Balaenoptera bonaerensis* (Burmeister) (Cetacea, Balaenopteridae) nas áreas de reprodução do Oceano Atlântico Sul.** *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 23, n. 1, p. 176-185, 2006.
- LUNA, F. O.; PASSAVANTE, J. Z. O. **Projeto Peixe-boi/ICMBio: 30 anos de conservação de uma espécie ameaçada.** Brasília: ICMBio, 2010.
- LUNA, F.O et al. **Status de conservação do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus, 1758) no Brasil.** *Revista Brasileira de Zootecias*, v. 10, n. 2, 2008.
- LUNA, F.O. **Population genetics and conservation strategies for the West Indian manatee (*Trichechus manatus* Linnaeus, 1758) in Brazil.** 2013. 237 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- MAGALHÃES, F. A. et al. **Record of a dwarf minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) in northern Brazil.** *JMBA2-Biodiversity Records*, v. 1, n. e56, p. 1-2, 2007a.
- MAGALHÃES, F. A. DE et al. **First confirmed record of *Feresa attenuata* (Delphinidae) for the Northern Brazilian Coast.** *Biota Neotropica*, v. 7, n. 2, p. 313-315, 2007b.
- MAGALHÃES, F. et al. **Cetacean diversity on the Parnaíba Delta, Maranhão state, northeastern Brazil.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 68, n. 3, p. 545-551, 2008.
- MAIA-NOGUEIRA, R. **Primeiro registro de golfinho-de-Risso (*Grampus griseus*) G. Cuvier, 1812 (Cetacea, Delphinidae), no litoral do Estado da Bahia, incluindo uma revisão da espécie em águas brasileiras.** *Bioikos*, v. 14, n. 1, p. 34-43, 2000.
- MAIA-NOGUEIRA, R.; BARACHO, C. G.; SERRA, S. D. **Revisão dos registros do gênero *Kogia* (Gray, 1846) (CETACEA, PHYSETERIDAE, KOGIINAE) no litoral do nordeste brasileiro, incluindo dados osteológicos.** *Bioikos*, v. 15, n. 1, p. 50-59, 2001.
- MARTINS SILVA-JR, J. et al. **Trophic relationships of the spinner dolphin at Fernando de Noronha Archipelago, SW Atlantic.** *Scientia Marina*, v. 71, n. 3, p. 505-511, 30 set. 2007.
- MARTINS, A. M. A. et al. **The most northern record of Gervais' beaked whale, *Mesoplodon europaeus* (Gervais, 1855), for the Southern Hemisphere.** *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, v. 3, n. 2, p. 151-155, 2004.
- MEDEIROS, P. I. A. P. de. **Encalhes de cetáceos ocorridos no período de 1984 a 2005 no litoral do Rio Grande do Norte, Brasil.** Dissertação (mestrado em Bioecologia Aquática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006. 57 p.
- MEIRELLES, A. C. O. **Ecologia populacional e comportamental do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (VAN BÉNÉDEN, 1864) na enseada do Mucuripe, Fortaleza, Estado do Ceará.** Tese (doutorado em Ciências Marinhas Tropicais)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. 132 p.
- MEIRELLES, A. C. O. et al. **Cetacean strandings on the coast of Ceará, North-eastern Brazil (1992-2005).** *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 89, n. 5, p. 1083-1090, 2009.
- MEIRELLES, A. C. O.; CHOI, K. F.; OLIVEIRA, M. S. **First reported stranding of a Dwarf Minke Whale, *Balaenoptera acutorostrata* (LACÉPÈDE, 1804), on the coast of Ceará, Northeastern Brazil.** *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 44, n. 2, p. 106-109, 2011.
- MEIRELLES, A. C. O.; FURTADO-NETO, M. A. A. **Stranding of an Antarctic minke whale, *Balaenoptera bonaerensis* (Burmeister, 1867), on the northern coast of South America.** *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, v. 3, n. 1, p. 81-82, 2004.
- MEIRELLES, A.C.O.; CARVALHO, V.L.C. **West Indian manatee: biology and conservation in Brazil.** AQUASIS. São Paulo: Bambu Editora e Artes Gráficas, 2016.
- MENDONÇA, M. A. D; MENDONÇA, C. E. D. **Novo registro de lontra Neotropical *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818) (Carnivora: Mustelidae) no estado de Sergipe, nordeste do Brasil.** *Scientia Plena*, v. 8, n. 9, 2012.
- MENEZES, R.B. **Encalhes de cetáceos (Ordem Cetacea), entre 1993 e 2004, no litoral do Rio Grande do Sul-RS.** Monografia (bacharel em Oceanologia)- Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2005. 53 p.
- MESQUITA, G. P.; MENESES, R. F. **Registro de *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818) no estado do Maranhão, Nordeste do Brasil.** *Scientia Plena*, v. 11, n. 7, p. 7, 2015.
- MILMANN, L. et al. **A review of *Balaenoptera* strandings along the east coast of South America.** *Regional Studies in Marine Science*, v. 37, p. 1-20, 2020.
- MILMANN, L. et al. **Far away from home: presence of fur seal (*Arctocephalus* sp.) in the equatorial Atlantic Ocean.** *Polar Biology*, v. 42, n. 4, p. 817-822, 2019.
- MOHR, L. et al. **Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo.** Brasília: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, v. 2, 502pp, 2009.
- MONTEIRO-NETO, C.; ITAVO, R. V.; MORAES, L. E. de S. **Concentrations of heavy metals in *Sotalia fluviatilis* (Cetacea: Delphinidae) off the coast of Ceará, northeast Brazil.** *Environmental Pollution*, v. 123, n. 2, p. 319-324, maio 2003.
- MORALES, S. J. D. et al. **Análise de elementos-traço em tecidos**

**de odontocetos encalhados na costa de Sergipe e Bahia, Brasil.** In: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 set. 2007, Caxambu, p. 1-2, 2007.

MOREIRA, S. et al. **Comparação das emissões sonoras de *Balaenoptera omurai* a detecções acústicas no Oceano Atlântico equatorial: Uma contribuição para melhor avaliação da distribuição da espécie.** In: XVIII Reunión de Trabajo de Expertos en Mamíferos Acuáticos e XII Congreso de la SOLAMAC. Lima, Perú, Anais, p. 231, 2018.

MOREIRA, S. et al. **Occurrence of Omura's whale, *Balaenoptera omurai* (Cetacea: Mysticeti), in the Equatorial Atlantic Ocean based on Passive Acoustic Monitoring.** Journal of Mammalogy, 2020.

MOREIRA, S.C. et al. **Ocorrência de cachalotes (*Physeter macrocephalus*) na costa do Brasil.** In: Reunión de Trabajo de Especialistas en mamíferos acuáticos de América del Sur, Resúmenes, Quito, Ecuador. SOLAMAC y Pontificia Universidad Católica del Ecuador, p.160-161, 2004.

MORENO, I. et al. **Distribution and habitat characteristics of dolphins of the genus *Stenella* (Cetacea: Delphinidae) in the southwest Atlantic Ocean.** Marine Ecology Progress Series, v. 300, p. 229–240, 2005.

MORETE, M. E. et al. **Fluctuating abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in a calving ground off coastal Brazil.** Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 88, n. 6, p. 1229–1235, 17 set. 2008.

MOTTA, M. R. A.; SILVA, C. P. N. **Rescue, handling and release of a melon-headed whale, *Peponocephala electra*, stranded in Ceará, NE Brazil.** Latin American Journal of Aquatic Mammals, v. 4, n. 2, p. 187–190, 31 dez. 2005.

MOURA, J. F. et al. **Stranding events of *Kogia whales* along the Brazilian coast.** PLoS ONE, v. 11, n. 1, p. 1–15 (e0146108), 2016.

MOURA, J. F.; PIVARI, D.; PAGLIANI, B. **Environmental factors related to group size and habitat use of Guiana dolphins from São Marcos Bay, Amazon coast.** Tropical Ecology, v. 60, n. 3, p. 426–432, 2019.

MUÑOZ-HINCAPIÉ, M.F. et al. **First osteological record of the dwarf sperm whale in Colombia, with notes on the zoogeography of *Kogia* in South America.** Rev la Acad Colombiana Ciencias, v. 22, p. 433–444, 1998.

NORMANDE, Iran C. et al. **Post-release monitoring of Antillean manatees: an assessment of the Brazilian rehabilitation and release programme.** Animal Conservation, v. 19, n. 3, p. 235-246, 2016.

NUNES, E. S.; CARVALHO, G.; SILVA, M. N. DA. **Reações Comportamentais de *Sotalia Guianensis*, (Boto-Cinza), Durante Encontro Com Embarcações No Estuário Do Rio Sergipe E Foz**

**Do Rio Poxim, Aracaju, Sergipe.** In: Cadernos de Graduação Ciências Biológicas e da Saúde Unit, v. 2, n. 1, p. 111–129, 2014.

OLIVEIRA, I. T. G. DE. **Diversidade e comportamento de cetáceos associado a embarcações na Bacia Potiguar, Rio Grande do Norte - Brasil.** Dissertação (mestrado em Ciências Biológicas)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015. 45 p.

PAIVA, M. P.; GRANGEIRO, B. F. **Investigations on the Whaling Seasons 1964 -1967, Off Northeastern Coast of Brazil.** Arq. Ciên. Mar, v. 10, n. 2, p. 111–126, 1970.

PEREIRA, A. C. C. **Monitoramento de encalhes e levantamento histórico da diversidade de cetáceos (Cetartiodactyla) na Paraíba: 1981 - 2017.** Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas)- Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. 53 p.

PIMENTEL, G. P. **Encalhe de cachalote, *Physeter macrocephalus* (Cetacea, Physeteridae) e outras baleias no litoral nordeste, Brasil.** In: IV Reunion de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, Valdivia, Chile, 1990. 56 p.

QUICK, N.J. et al. **Extreme diving in mammals: first estimates of behavioural aerobic dive limits in Cuvier's beaked whales.** Journal of Experimental Biology, 223(18), 2020.

RAMOS, R. M. A et al. **A note on strandings and age of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) on the Brazilian coast.** Journal of Cetacean Res. Management, v. 3, n. 3, p. 321–327, 2001.

RHEINGANTZ, M.L.; TRINCA, C.S. ***Lontra longicaudis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015.** Disponível em: < <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T12304A21937379.en>.> Acesso em: 28 ago. 2020.

RISTAU, N. G. **Identificação Molecular de Mamíferos Aquáticos provenientes de Encalhes e de Interações Antrópicas no Estado do Maranhão - Brasil.** Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas)- Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2012. 50 p.

ROCHA-CAMPOS, C. C. et al. **Plano de ação nacional para conservação dos mamíferos aquáticos: grandes cetáceos e pinípedes: versão III.** ROCHA-CAMPOS, C. C., CÂMARA, I. G. (org.). Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, 2011. 156 p.

RODRIGUES, L.A. et al. **Avaliação do risco de extinção da lontra neotropical *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818) no Brasil.** Biodiversidade Brasileira-BioBrasil, n. 1, p. 216-227, 2013.

ROSAS-RIBEIRO, P.; RANULPHO, R.; VENTICINQUE, E. **New records and update on the geographic distribution of *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818) (Carnivora: Mustelidae) in Seasonally Dry Tropical Forests of northeastern Brazil.** Check List, v. 13, p. 1, 2017.

ROSSI-SANTOS, M. R. et al. **Occurrence and distribution of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the north coast of the State of Bahia, Brazil, 2000–2006.** ICES Journal of Marine Science, v. 65, n. 4, p. 667–673, 1 maio 2008.

ROSSI-SANTOS, M. R.; SANTOS-NETO, E.; BARACHO, C. G. **Interspecific cetacean interactions during the breeding season of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) on the north coast of Bahia State, Brazil.** Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 89, n. 5, p. 961–966, 21 ago. 2009.

SAMPAIO, C. L. S.; AROUCHA, E. de C. **Registro de cachalote-anão, *Kogia Simus* (Owen, 1866) no litoral da Bahia, nordeste do Brasil.** Bioikos, v. 14, n. 1, p. 28–33, 2000.

SÁNCHEZ-SARMIENTO, A. M. et al. **Molecular, serological, pathological, immunohistochemical and microbiological investigation of *Brucella* spp. in marine mammals of Brazil reveals new cetacean hosts.** Transboundary and Emerging Diseases, v. 66, p. 1674–1692, 20 maio 2019.

SANTOS, C. P.; LODI, L. **Occurrence of *Anisakis physeteris* Baylis, 1923 and *Pseudoterranova* sp. (Nematoda) in pygmy sperm whale *Kogia breviceps* (De Blainville, 1838) (Physeteridae) in northeastern coast of Brazil.** Mem. Inst. Oswaldo Cruz, v. 93, p. 187–188, 1998.

SANTOS, U. A. et al. **Spatial distribution and activities of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae) in Pontal Bay, Ilhéus, Bahia, Brazil.** Biota Neotropica, v. 10, n. 2, p. 67–73, jun. 2010.

SANTOS-NETO, E. B. et al. **Organochlorine concentrations (PCBs, DDTs, HCHs, HCB and MIREX) in delphinids stranded at the northeastern Brazil.** Science of the Total Environment, v. 472, p. 194–203, 2014.

SASAKI, T. et al. ***Balaenoptera omurai* is a newly discovered baleen whale that represents an ancient evolutionary lineage.** Molecular Phylogenetics and Evolution, v.41, p. 40–52, 2006.

SCHORR, G.S. et al. **First long-term behavioral records from Cuvier's beaked whales (*Ziphius cavirostris*) reveal record-breaking dives.** PloS one, 9(3), p.e92633, 2014.

SENA, J. F. de et al. **Diversidade de espécies de mamíferos marinhos no litoral da Costa Branca-RN.** In: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu - MG, p. 1-2, 2007

SERRA, S.D.; HUBNER, A.; DÓREA-REIS, L. W. D. **Registro de mamíferos marinhos no litoral do estado de Sergipe.** In: Anais da 9ª Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, 30 oct. a 3 Nov 2000, Buenos Aires, 2000. 129 p.

SEVERO, M.M. et al. **Encalhe de uma baleia Jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na Praia de Pedra do Sal em Parnaíba-PI.** In: Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Aquáticos, 01 a 07 abr. 2004, Itaparica, Errata, 2004.

SICILIANO, S. et al. **Large baleen whales on the coast of Brazil: a review of post-1997 data on strandings and sightings.** In: Report to the International Whaling Commission, SC/63/SH2, 2011. 12 p.

SICILIANO, S. et al. **Revisão do conhecimento sobre os mamíferos aquáticos da costa norte do Brasil.** Arquivos do Museu Nacional, v. 66, n. 2, p. 1–21, 2008.

SICILIANO, S.; MOREIRA, L. M. P. **Mamíferos marinhos do litoral maranhense, Brasil.** In: Anais da V Reunión de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, Buenos Aires, Argentina, p. 62, 1992.

SILVA, É. D. et al. **Avistagens de golfinhos-comuns (*Delphinus* sp.) no Maranhão: Uma população desconhecida na costa norte do Brasil.** In: XIII Reunion de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur y 7o. Congreso de la Sociedad Latino Americana de Mamíferos Acuáticos, SOLAMC, 2008.

SOLAMAC <http://solamac.org/solamac/english/solamac/mamiferos/especialistas/aquaticos/>

SOUTO, L. R. A. et al. **Análise das mordidas de tubarões-charuto, *Isistius* spp. (Squaliformes: Dalatiidae) em cetáceos (Mammalia: Cetacea) no litoral da Bahia, Nordeste do Brasil.** Biotemas, v. 20, n. 1, p. 19–25, 2007.

SOUTO, L. R. A. et al. **Interactions between subantarctic fur seal (*Arctocephalus tropicalis*) and cookiecutter shark (*Isistius plutodus*) on the coast of Bahia, north-eastern Brazil.** Marine Biodiversity Records, v. 2, p. e123, 23 jun. 2009.

SOUTO, L.R.A. **New occurrence data of Neotropical Otters *Lontra longicaudis* (OLFERS, 1818), in Bahia state, northeastern Brazil.** IUCN Otter Specialist Group Bulletin, v. 29, n. 2, p. 71–79, 2012.

SPINELLI, L. G. et al. **Morphological description of the male reproductive tract of the Clymene dolphin (*Stenella clymene*, Gray, 1850).** Acta Zoologica, v. 00, p. 1–10, 2020.

The Society for Marine Mammalogy <https://marinemammalscience.org/species-information/>

TOLEDO, G. A. D. C. et al. **Stranding of a Risso's dolphin (Cetacea, Delphinidae) on the north-eastern coast of Brazil, with comments on its distribution and threats in the Western South Atlantic.** Marine Biodiversity Records, v. 8, n. e66, p. 1–7, 20 maio 2015.

TOLEDO, G.; LANGGUTH, A. **Maxillary teeth in sperm whales, *Physeter macrocephalus* (Cetacea: Physeteridae).** Journal of



Morphological Sciences, v. 32, n. 03, p. 212–215, 10 jul. 2015.

TOLEDO, GA da C. et al. **Albinism in neotropical otter, *Lontra longicaudis* (Carnivora: Mustelidae)**. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, v. 9, n. 3, p. 234-238, 2014.

TOSI, C. H.; GARRI, R. G.; MAGALHÃES, F. A. **Encalhes de cachalote (*Physeter macrocephalus*) (Linnaeus, 1758) no Estado do Maranhão-Brasil**. In: Anais da Reunião Internacional sobre el Estudio de los Mamíferos Acuáticos, Áreas Naturales Protegidas: Una Estrategia De Conservación, Mérida, Yucatán, México. SOMEMMA-SOLAMAC, p.101, 2006.

TOSI, C. H.; MAGALHÃES, F. A.; GARRI, R. G. **Meat consumption of a Fraser dolphin (*Lagenodelphis hosei*) stranded alive on the northern Brazilian coast**. Journal of the Marine Biological Association of the UK- JMBA2 – Biodiversity Records, Cambridge, UK, n. 5969, 2008.

VELOZO, R.S. **Encalhe de mamíferos aquáticos entre a foz dos Rios Pardo (BA) e São Francisco (SE)**. Dissertação (mestrado em Zoologia Aplicada)- Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2007. 112 p.

VELOZO, S. R.; SCHIAVETTI, A.; DÓREA-REIS, L. W. **Analysis of subantarctic fur seal (*Arctocephalus tropicalis*) records in Bahia and Sergipe, north-eastern Brazil**. Marine Biodiversity Records, v. 2, p. 1–5, 2009.

VIDAL, L. G. et al. **Pyrethroid insecticides along the Southwestern Atlantic coast: Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) as a bioindicator**. Science of the Total Environment, v. 728, n. 138749, p. 1–8, 2020.

WILLIAMSON, G.R. **Minke whales off Brazil**. Scientific Reports Whales Research Institute, v. 27, p. 37-59, 1975.

WÜRSIG, B; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K.M. (Ed.). **Encyclopedia of marine mammals**. Academic Press, 2017.

XIMENEZ, A. **Sobre la presencia de *Arctocephalus tropicalis* (Gray, 1872) en el nordeste del Brasil (Mammalia, Arctocephalinae)**. Rev. Brasil. Biol., v. 40, n. 3, p. 591-592, 1980.

ZANELATO, R. C.; GUIERRA, C.M. **Primeiro registro de cachalote-anão *Kogia simus* Owen, 1866 (Cetacea, Physeteridae) para a costa do Paraná, Brasil**. In: VI Reunião de Trabalhos de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul, Santa Catarina, p. 109-110, oct 1994.

ZERBINI, A. N. et al. **A Review of the Occurrence and Distribution of Whales of the Genus *Balaenoptera* along the Brazilian Coast**. Rep. Int. Whal. Commn, v. 47, p. 407–417, 1997.

ZERBINI, A. N.; SECCHI, E. R. **The Dwarf Form of the Minke Whale, *Balaenoptera acutorostrata* Lacépède, 1804, in Brazil**. Rep. Int. Whal. Commn., v. 46, p. 333–340, 1996.

ZERBINI, A.N.; A. ANDRIOLO; J.M. DA ROCHA; P.C. SIMÕES-LOPES; S. SICILIANO; J.L. PIZZORNO; J.M. WAITER; D.P. DEMASTER & G.R. VANBLARICOM. 2004. **Winter distribution and abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off Northeastern Brazil**. Journal of Cetacean Research and Management 6 (1): 101-107.

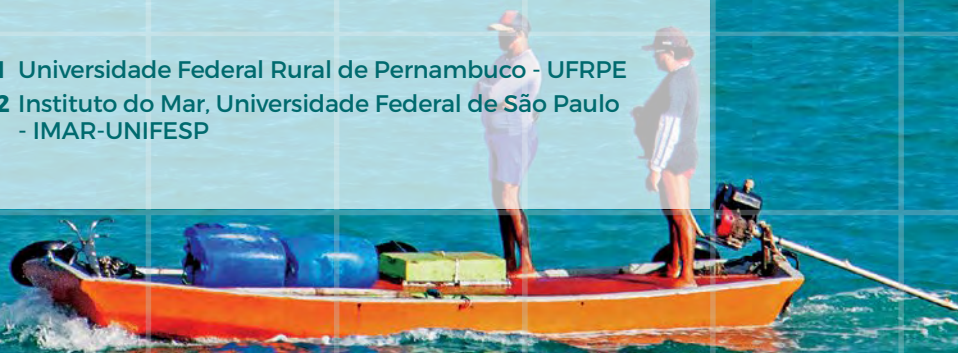
# INTRODUÇÃO À OCEANOGRAFIA PESQUEIRA

10

Fábio Hissa Vieira HAZIN<sup>1</sup>  
Paulo TRAVASSOS<sup>1</sup>  
Bruno MOURATO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

<sup>2</sup> Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo  
- IMAR-UNIFESP





## 1. INTRODUÇÃO

A Oceanografia Pesqueira pode ser definida como o estudo da interação entre os recursos pesqueiros marinhos e o ambiente abiótico e biótico dos oceanos, nas múltiplas fases dos seus ciclos de vida (Bograd et al., 2014). Assim, diversos aspectos da oceanografia que afetam a distribuição, abundância e exploração dos recursos pesqueiros são considerados, incluindo a biologia, a física, a química, a geologia e, também, a meteorologia. De uma maneira geral, seria a disciplina que avalia os processos oceanográficos que afetam a abundância e a disponibilidade de espécies de interesse comercial, levando-se em conta, inclusive, a própria atividade de pesca (Wooster, 1961). A oceanografia pesqueira, portanto, visa a proporcionar uma melhor compreensão do comportamento e da dinâmica populacional dos recursos pesqueiros marinhos face às influências do ambiente e de sua exploração, contribuindo para uma boa gestão da pesca, através de uma visão ecossistêmica.

Em decorrência da enorme complexidade das interações existentes entre os animais marinhos e o ambiente em que vivem, na Oceanografia Pesqueira é quase sempre impossível se estabelecer relações simplistas de causa e efeito. Além das variáveis fisiológicas e ambientais envolvidas nas relações ecológicas serem extremamente numerosas, as suas influências não são exercidas de forma separada e independente, ocorrendo, na realidade, uma intensa superposição e inúmeras inter-relações, as quais resultam frequentemente em um importante

efeito sinérgico. Por este motivo, os resultados alcançados pela Oceanografia Pesqueira decorrem normalmente de relações de probabilidade, se fundamentando, portanto, muito mais em inferências estatísticas do que causais.

As áreas de atuação da Oceanografia Pesqueira também incluem o desenvolvimento de tecnologias de pesca e estratégias de captura mais eficientes, o estabelecimento de serviços de previsão pesqueira e localização de cardumes, bem como o manejo adequado dos estoques e o aprimoramento dos sistemas de ordenamento pesqueiro visando à conservação das espécies exploradas. De particular interesse para a Oceanografia Pesqueira estão os fatores que influenciam a concentração de pescado e a formação de cardumes em determinadas áreas e épocas do ano, também conhecidos como *hotspots*, usualmente associados aos movimentos migratórios motivados por estímulos reprodutivos, tróficos ou ambientais. Os animais marinhos migram principalmente para se reproduzir, para se alimentar ou para buscar condições ambientais mais adequadas e, de uma maneira geral, a pesca só é viável nas áreas em que, por algum desses motivos, os recursos pesqueiros se concentram.

Conforme postulado por Hazin, Perez e Travassos (2005), ao contrário do que se acreditou durante muito tempo, os oceanos do mundo não são um celeiro inesgotável de alimentos. Na realidade, o domínio oceânico assemelha-se muito mais a

um imenso deserto com alguns oásis isolados de elevada produtividade. Por exemplo, sabe-se que em média cerca de 90% da produção mundial de pescado provém de apenas 2 a 3% da área total dos oceanos. Nas páginas seguintes discutiremos as razões desta proporção e as relações existentes entre os animais marinhos, o ambiente em que vivem e a atividade pesqueira.

## 2. EVOLUÇÃO DA PESCA NO MUNDO

Após a Segunda Grande Guerra, a produção pesqueira mundial cresceu de forma bastante rápida, saltando de 22 milhões de toneladas, em 1946, para 75 milhões, em 1970, uma taxa de crescimento, portanto, perto de 5% ao ano. Entre as principais causas deste crescimento acelerado, incluem-se:

- > Desenvolvimento de equipamentos eletrônicos de pesca e navegação (radar, ecosonda etc.);
- > Mecanização da pesca;
- > Aprimoramento dos métodos de conservação do pescado;
- > Advento das fibras sintéticas (poliamida, polipropileno, polietileno etc.);
- > Expansão da demanda em função da explosão demográfica.

Nas duas décadas que se seguiram a esse período de grande desenvolvimento, porém, o crescimento da produção pesqueira mundial sofreu forte desaceleração, avançando de 75 milhões de toneladas, em 1970, para pouco mais de 111 milhões, em 1995, sendo 90 milhões provenientes de captura e 21 milhões de aquicultura, resultando

em um crescimento de cerca de 1,6% ao ano. É importante notar que o declínio na taxa de crescimento ocorreu em função dos grandes avanços tecnológicos verificados no mesmo período, tais como o Sistema de Posicionamento Global (GPS- *Global Positioning System*) e obtenção de imagens por Sensoriamento Remoto, o que provocou um aumento significativo no poder de pesca das frotas pesqueiras, acentuando, conseqüentemente, a incidência de sobrepesca e o esgotamento de alguns dos recursos pesqueiros tradicionalmente explorados (Ver capítulos: Bioestatística e a avaliação de estoques; Atividade pesqueira artesanal no Nordeste do Brasil).

Segundo os dados da FAO (Organização para Alimentação e Agricultura da Organização das Nações Unidas), a produção mundial de pescado foi igual a 178,5 milhões de toneladas em 2018, das quais cerca de 96,5 milhões foram provenientes da pesca extrativa e 82 milhões foram oriundas da aquicultura. Porém, se considerarmos que pouco mais de 22 milhões de toneladas do pescado capturado pela pesca extrativa não foram utilizadas para o consumo humano direto, mas sim para a fabricação de ração e aditivos utilizados na alimentação animal, inclusive na aquicultura, concluímos que em 2018 a maior parte do pescado consumido pela humanidade, cerca de 53% mais exatamente, já foi proveniente da aquicultura (82 milhões da aquicultura x 74 milhões da pesca extrativa). Ademais, se considerarmos que a produção de pescado por captura já está bastante próxima do seu limite máximo sustentável, a tendência é que a aquicultura cresça gradativamente nas décadas seguintes (FAO, 2018).

Ainda segundo a mesma fonte, em 2017, 60% dos estoques pesqueiros mundiais já estavam sendo plenamente explorados, **ex:** em níveis compatíveis com o Rendimento Máximo Sustentável (RMS)<sup>1</sup>, 34% estavam sobre-explorados e apenas 6%

**1.** O rendimento máximo sustentável é um ponto de referência muito comum utilizado na gestão pesqueira definido como o rendimento ou captura anual que pode ser extraída continuamente de um estoque pesqueiro sem que as capturas dos próximos anos sejam afetadas.

apresentavam algum potencial de expansão das suas capturas. A FAO estima que a produção mundial de pescado por captura deverá se situar, no máximo, em torno de 115 milhões de toneladas, encontrando-se o nível atual de produção, portanto, já próximo do nível de sustentabilidade, podendo inclusive vir a declinar. Desta forma, o crescimento futuro da produção mundial de pescado pela captura dependerá muito mais do aprimoramento dos instrumentos de gestão, capazes de assegurar a sustentabilidade da atividade pesqueira, a exemplo da Abordagem Eossistêmica na Gestão Pesqueira (AEGP), do que da expansão do esforço de pesca.

### 3. PRODUTIVIDADE MARINHA

De uma maneira bastante simplista pode-se afirmar que a baixa produtividade marinha deve-se à diferença entre a profundidade média dos oceanos, em torno de 3.800 m, e a profundidade da zona eufótica<sup>2</sup>, em geral inferior a 150 m. Tanto em terra como no mar, para que os organismos vegetais possam se desenvolver e realizar a fotossíntese é necessário que haja luz, nutrientes, água e gás carbônico. No ambiente oceânico, gás carbônico e, evidentemente, água não são fatores limitantes, sendo, portanto, a disponibilidade de luz e de nutrientes, além da temperatura da água, os principais condicionantes que determinam a intensidade dos processos de produção primária. Após serem assimilados pelo fitoplâncton na zona eufótica e incorporados em constituintes orgânicos, os nutrientes, assim como a energia proveniente da luz solar, vão sendo apenas transferidos ao longo dos vários degraus da cadeia trófica, dissipando-se, contudo, através dos vários processos metabólicos essenciais a todos os organismos vivos, como a alimentação, o crescimento, a reprodução etc. Quando o fitoplâncton e os demais organismos integrantes de uma cadeia trófica aquática morrem, os edifícios orgânicos de seus corpos

são atacados por decompositores que convertem a matéria orgânica de volta em nutrientes utilizáveis pelos organismos vegetais. Contudo, como a profundidade média dos oceanos é de aproximadamente 3.800 m e a da zona eufótica é de, no máximo, 150 m a 200 m, o resultado é que grande parte dos seres que morrem afundam para além da zona eufótica que vai sendo, assim, continuamente depauperada dos nutrientes essenciais aos processos de produção primária.

A produtividade na camada eufótica depende em grande parte, portanto, da taxa de reposição de sais nutrientes através do transporte vertical. Em função disto é que em termos de produtividade oceânica a extensão da costa tem pouco significado, importando muito mais os processos oceanográficos prevalentes. A produção pesqueira do Peru pela pesca extrativa, por exemplo, é muitas vezes maior que a do Brasil em função de apresentar condições oceanográficas muito mais propícias, como a ressurgência costeira, tratada mais adiante. Infelizmente, o mar brasileiro é, de uma maneira geral, muito pobre em termos de produtividade primária, caracterizado por águas oligotróficas, apesar de sua imensa linha de costa. Afirmer que o Brasil em função de sua grande extensão costeira, com mais de 8 mil km, possui potencial para ser um dos maiores produtores de pescado marinho do mundo por captura, portanto, é o mesmo que afirmar que a Austrália, dado o seu extenso território, deveria ser um dos maiores produtores agrícolas, esquecendo-se, contudo, que a maior parte do território australiano encontra-se tomado pelo deserto de Vitória. Entre as regiões oceânicas mais produtivas, destacam-se:

- > Plataforma continental
- > Zonas de frentes oceânicas
- > Bancos oceânicos
- > Zonas de ressurgência costeira

2. Refere-se à zona de um ecossistema aquático que recebe luz solar suficiente para que ocorra a fotossíntese.

### a) Plataforma continental

As zonas de plataforma continental estão entre as mais produtivas por várias razões. Em primeiro lugar, são áreas de pequena profundidade, se comparadas com a região oceânica. A profundidade média da quebra da plataforma, considerando-se todos os oceanos do mundo, é de aproximadamente 130 m, ficando a sua extensão em torno de 65 km (Pickard & Emery, 1990). Estes valores, contudo, podem apresentar grande variação, dependendo da localidade. Por exemplo, na costa nordeste do Brasil, entre o Cabo de Calcanhar e Salvador, a plataforma é bem mais estreita e mais rasa, possuindo em média 30 km de extensão e com a quebra ocorrendo em torno de 60 a 80 m de profundidade. A pequena profundidade da plataforma continental permite assim que a luz penetre até o fundo, em praticamente toda a sua extensão, possibilitando, portanto, a ocorrência dos processos de produção primária não apenas ao longo de toda a coluna d'água, mas também no substrato. Além disso, a profundidade reduzida da plataforma continental facilita também a mistura vertical, resultando em uma maior homogeneização da coluna d'água e intensificando, em consequência, o soerguimento dos nutrientes depositados no fundo marinho. Uma outra fonte importante de nutrientes para o ecossistema costeiro, e sobretudo para a plataforma continental, consiste no aporte de matéria orgânica oriunda do continente, através da descarga dos rios que desagüam nos mares, além dos processos de enriquecimento associados aos estuários e manguezais. Dependendo da direção e intensidade das correntes marinhas, é possível ainda que ao longo da borda da plataforma ocorram processos de ressurgência (*shelf-break upwelling*) semelhantes aos que ocorrem nos bancos oceânicos, discutidos mais à frente.

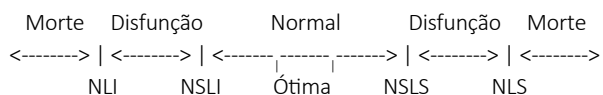
### b) Frentes oceânicas

As zonas de frentes oceânicas são regiões caracterizadas pelo encontro de massas d'água com características distintas resultando comumente em

zonas de forte gradiente ambiental, normalmente de temperatura ou salinidade. As frentes oceânicas podem ser divididas em: a) encontro de correntes, constituindo normalmente zonas de gradiente térmico, e b) descarga de rios, apresentando sempre um gradiente salino. As zonas de frentes oceânicas são extremamente importantes para a pesca por promoverem a concentração de pescado tanto em função do gradiente ambiental como dos fenômenos de enriquecimento associados aos movimentos de água.

Qualquer gradiente ambiental, seja de temperatura, de salinidade ou de qualquer outra variável, tende a promover a concentração do pescado na medida em que restringe a faixa ótima de distribuição das espécies (Freón & Misund, 1999). Toda espécie possui níveis de tolerância às variáveis ambientais, os quais determinam o seu padrão de distribuição, na medida em que ela tende a procurar, evidentemente, o conjunto de variáveis que mais se aproximem de sua faixa ótima. Estes níveis de tolerância podem, assim, ser traduzidos em termos de faixas de distribuição e preferências ambientais, conforme exemplificado na tabela 10.1, que traz um exemplo da tolerância de temperatura para algumas espécies de atuns e agulhões (adaptado de Boyce et al., 2008). É preciso notar que esses valores podem variar, contudo, com o estágio ontogenético e com a condição fisiológica ou até mesmo com os diferentes estoques pesqueiros de uma mesma espécie. Nas zonas de forte gradiente, a faixa ótima pode se restringir geograficamente resultando, por conseguinte, na concentração de pescado nesses locais e em uma maior produtividade pesqueira.

#### Níveis de tolerância das espécies em relação às variáveis ambientais:



**NLI** Nível letal inferior

**NSLI** Nível sub-letal inferior

**NSLS** Nível sub-letal superior

**NLS** Nível letal superior

Nas zonas de encontro entre duas correntes, vários fenômenos oceanográficos associados aos movimentos de água podem resultar no aumento da disponibilidade de nutrientes e enriquecimento oceânico, incluindo a divergência e convergência de correntes, além da formação de vórtices e meandros. Sempre que duas correntes marinhas se encontram, os únicos fenômenos físicos possíveis de acontecer são o movimento em paralelo, de divergência ou de convergência. Em função do princípio de conservação do volume, sempre que duas correntes convergem ocorre o afundamento de massas d'água e sempre que divergem ocorre a ressurgência (*upwelling*), sendo ambos os fenômenos importantes para o enriquecimento das camadas superficiais dos oceanos, pelo aumento da produção primária e concentração de fito- e zooplâncton e, portanto, para a atividade pesqueira.

Devido ao consumo contínuo de nutrientes na zona eufótica pelos organismos fotossintetizantes, a sua concentração nas camadas superficiais tende a ser muito baixa, aumentando gradativamente, de forma significativa, com o aumento da profundidade. Desta forma, a ressurgência de águas mais profundas resultará em um aporte de nutrientes para a zona eufótica, conduzindo assim a uma intensificação dos processos de produção primária e a um consequente enriquecimento das camadas superficiais. Por outro lado, nas zonas de convergência, ocorre uma elevada concentração de organismos planctônicos, particularmente do zooplâncton, uma vez que os mesmos serão carregados pelo movimento horizontal das correntes, mas, em função de sua capacidade natatória, bem como de suas características anatômicas e fisiológicas de flutuação, como as gotículas de gordura, tenderão a resistir ao afundamento, resultando assim em uma concentração de organismos forrageiros e consequentemente de peixes que deles se alimentam.

**Tabela 10.1** Faixas de tolerância e preferência de temperatura (°C) para distribuição de atuns e peixes de bico no mundo. **Adaptado** de Boyce et al. (2008).

Nome comum	Nome científico	Oceano	Tolerância de temperatura		Preferência de temperatura	
			mínimo	máximo	mínimo	máximo
Albacora-azul	<i>Thunnus thynnus</i>	Atlântico	7,63	26,17	14,9	22,93
Albacora-azul do sul	<i>Thunnus maccoyii</i>	Atlântico, Pacífico, Índico	7,42	22	13,5	17,5
Albacora-azul do Pacífico	<i>Thunnus orientalis</i>	Pacífico, Índico	6,98	24	15	20,25
Albacora-bandolim	<i>Thunnus obesus</i>	Atlântico, Pacífico, Índico	9,25	26,45	16,95	22,32
Albacora-laje	<i>Thunnus albacares</i>	Atlântico, Pacífico, Índico	16,35	27,73	20,53	25,79
Albacora-branca	<i>Thunnus alalunga</i>	Atlântico, Pacífico, Índico	11,29	23,9	14,93	19,47
Bonito listrado	<i>Katsuwonus pelamis</i>	Atlântico, Pacífico, Índico	16,9	28,76	18,84	26,23
Espadarte	<i>Xiphias gladius</i>	Atlântico, Pacífico, Índico	8,89	27,86	14,57	22,83
Marlim-azul do Indo-Pacífico	<i>Makaira mazara</i>	Pacífico, Índico	19,75	29,05	26	27
Marlim-azul	<i>Makaira nigricans</i>	Atlântico	20,68	30,05	25	30
Marlim-branco	<i>Kajikia albida</i>	Atlântico	21,33	27,57	24,8	26,85
Marlim-negro	<i>Istiompax indica</i>	Atlântico, Pacífico, Índico	16,17	30,17	25,5	29,5
Marlim-listrado	<i>Kajikia audax</i>	Pacífico, Índico	16,82	25,49	21,23	24
Agulhão-vela	<i>Istiophorus albicans</i>	Atlântico	19,2	27,9	25,95	27,85
Agulhão-vela	<i>Istiophorus platypterus</i>	Pacífico, Índico	20,5	27,85	25	27,8

Uma importante frente oceânica no oeste do Atlântico Sul, a Convergência Subtropical, é originada, por exemplo, a partir do encontro da Corrente do Brasil, que margeia a costa brasileira em direção ao sul, transportando águas quentes e salinas, com a Corrente das Malvinas, que flui em direção ao norte, transportando águas frias e ricas em nutrientes (Stramma & England, 1999). A mistura das águas tropicais (Corrente do Brasil) com as águas frias (Corrente das Malvinas) gera uma instabilidade da coluna d'água e um forte gradiente de temperatura e salinidade, promovendo, assim, uma maior disponibilidade de nutrientes para a zona eufótica (Bakun, 1983). No final do segundo trimestre e durante o terceiro ocorre um deslocamento dessa frente oceânica para a região oceânica em frente à costa sul do Brasil, entre 30°S e 35°S (Olson et al., 1988). A presença de águas ricas em nutrientes promove um incremento das produções primária e secundária (Odebrecht & Garcia, 1997) e conseqüentemente um aumento na quantidade de uma das principais presas do espadarte (*Xiphias gladius*), as lulas (*Illex argentinus*), que são abundantes e permanecem nessa região durante esse período (Santos & Haimovici, 2002). Os processos oceanográficos resultantes da Convergência Subtropical já são conhecidos pelos pescadores, de forma que a frota brasileira de espinhel de superfície oceânico, que têm o espadarte como espécie-alvo, se desloca para essa região todos os anos para alcançar altos rendimentos para a pesca de espadarte na região Sudeste e Sul do Brasil (Mourato, 2007; Hazin & Erzini, 2008).

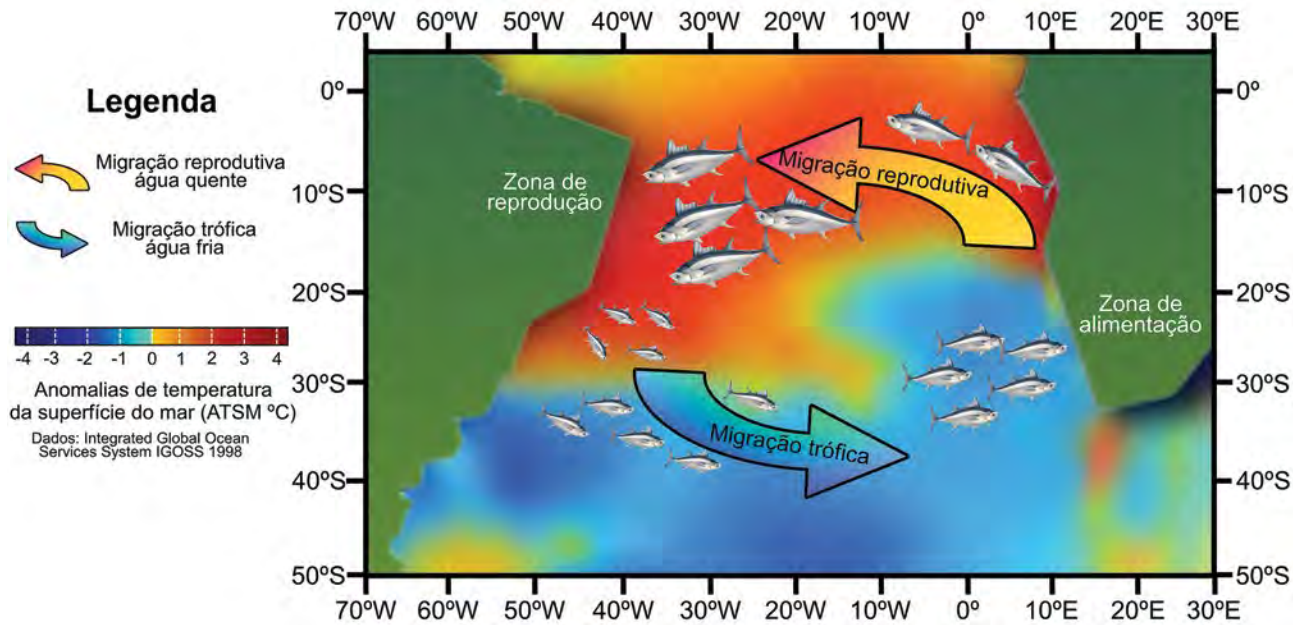
Ainda com relação à Convergência Subtropical, o ciclo de vida da albacora-branca (*Thunnus alalunga*) parece estar associado a essa frente oceânica. Segundo Coimbra (1999) e Travassos (1999a; 1999b) (Fig. 10.1), a variação sazonal de abundância da espécie no Atlântico Sul seria consequência de uma migração reprodutiva da costa da Namíbia e África do Sul para a costa do Brasil, entre as latitudes de 5°S e 20°S, onde os indivíduos adultos realizariam a desova. Dessa forma, suas larvas e pós-larvas

seriam, em seguida, transportadas pela Corrente do Brasil em direção à Convergência Subtropical, onde encontram alimento em maior abundância, permanecendo ali até completar 2 ou 3 anos de idade. Em seguida, a albacora-branca iniciaria a sua migração em direção ao cone sul do continente Africano se juntando ao estoque reprodutor e fechando, assim, o ciclo de vida da espécie.

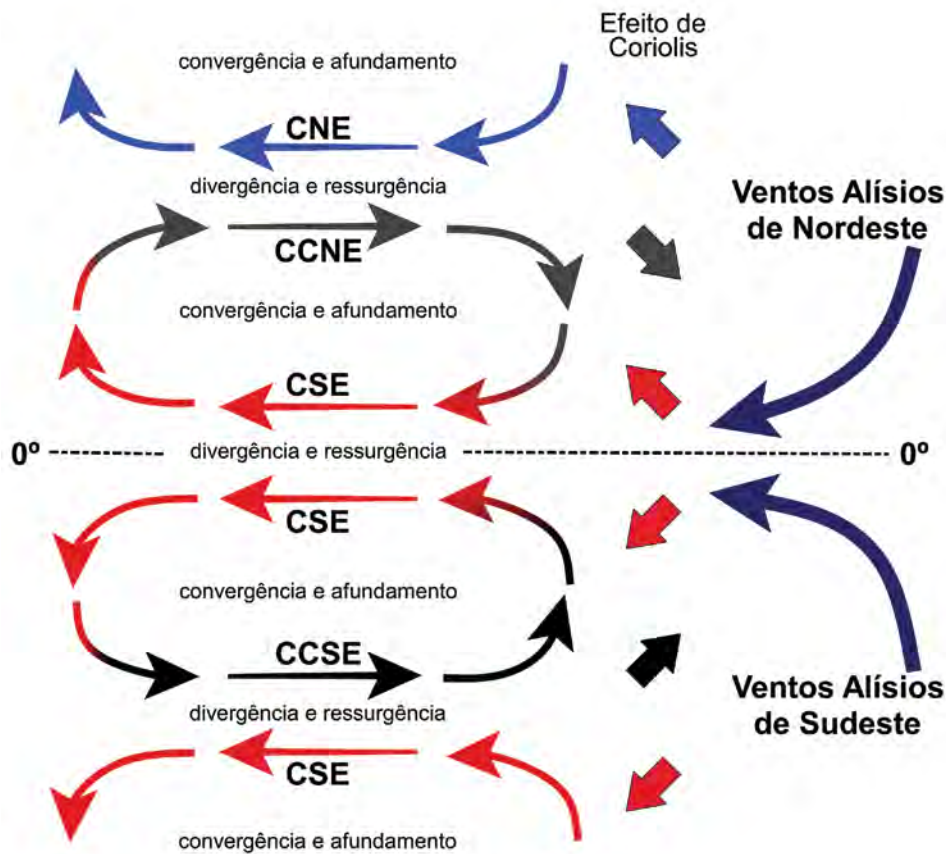
Outro exemplo de como as regiões de frentes oceânicas promovem um aumento da produtividade pesqueira é o sistema Kuroshio-Oyashio no noroeste do Oceano Pacífico, em frente à costa do Japão. Essa frente oceânica é o resultado de uma ampla mistura de duas massas d'água, a partir do encontro da Corrente de Kuroshio, que margeia a costa leste do Japão em direção ao norte, carreando águas quentes, com a Corrente de Oyashio, originada no Polo Norte, transportando águas frias e enriquecidas de nutrientes em direção ao sul (Olson et al., 1994). Essa região é conhecida como uma das áreas mais produtivas para a pesca no mundo, sendo comum a exploração pesqueira com altos rendimentos para várias espécies de pequenos pelágicos, com destaque para a sardinha japonesa (*Sardinops melanostictus*) e a anchova japonesa (*Engraulis japonicus*).

Além disso, os fenômenos de convergência e divergência também são extremamente importantes no sistema equatorial de correntes, embora não sejam observados fortes gradientes de temperatura em função da homogeneidade e extensão da camada de mistura e profundidade da termoclina nessas regiões. A ação combinada do efeito de Coriolis com a direção das correntes equatoriais resulta em diversas zonas de divergência e convergência de correntes marinhas que compõem este sistema (Fig. 10.2). No caso da Divergência Equatorial, responsável pelo enriquecimento e produtividade observados ao longo do equador nos três oceanos, embora não se observe gradientes de temperatura importantes, pelas razões mencionadas, é um fenômeno muito bem caracterizado pelas elevadas concentrações





**Figura 10.1** Esquemas representativos da ocupação do habitat oceânico do Atlântico Sul pela albacora-branca (*Thunnus alalunga*) por faixa etária (acima; Coimbra, 1999) e do processo migratório de espécimes adultos (Travassos, 1999a; 1999b). **Ilustração** Gianfrancisco Schork utilizando recursos gráficos Freepik.com. **Fonte** Coimbra (1999); Travassos (1999a); Travassos (1999b).



**Figura 10.2** Esquema simplificado das zonas de convergência e divergência associadas ao Sistema Equatorial de Correntes. (CNE) Corrente Norte Equatorial; (CCNE) Contracorrente Norte Equatorial; (CSE) Corrente Sul Equatorial; (CCSE) Contra Corrente Sul Equatorial. **Ilustração** Gianfrancisco Schork. **Fonte** Pinet (2014).

de biomassa primária resultantes do aporte de nutrientes de águas mais frias e profundas que penetram na camada eufótica. Essa característica, entretanto, só é observada praticamente na metade leste da bacia Atlântica (à leste de 30°W), já que a camada de mistura aumenta sua espessura com o afundamento da termoclina de leste para oeste.

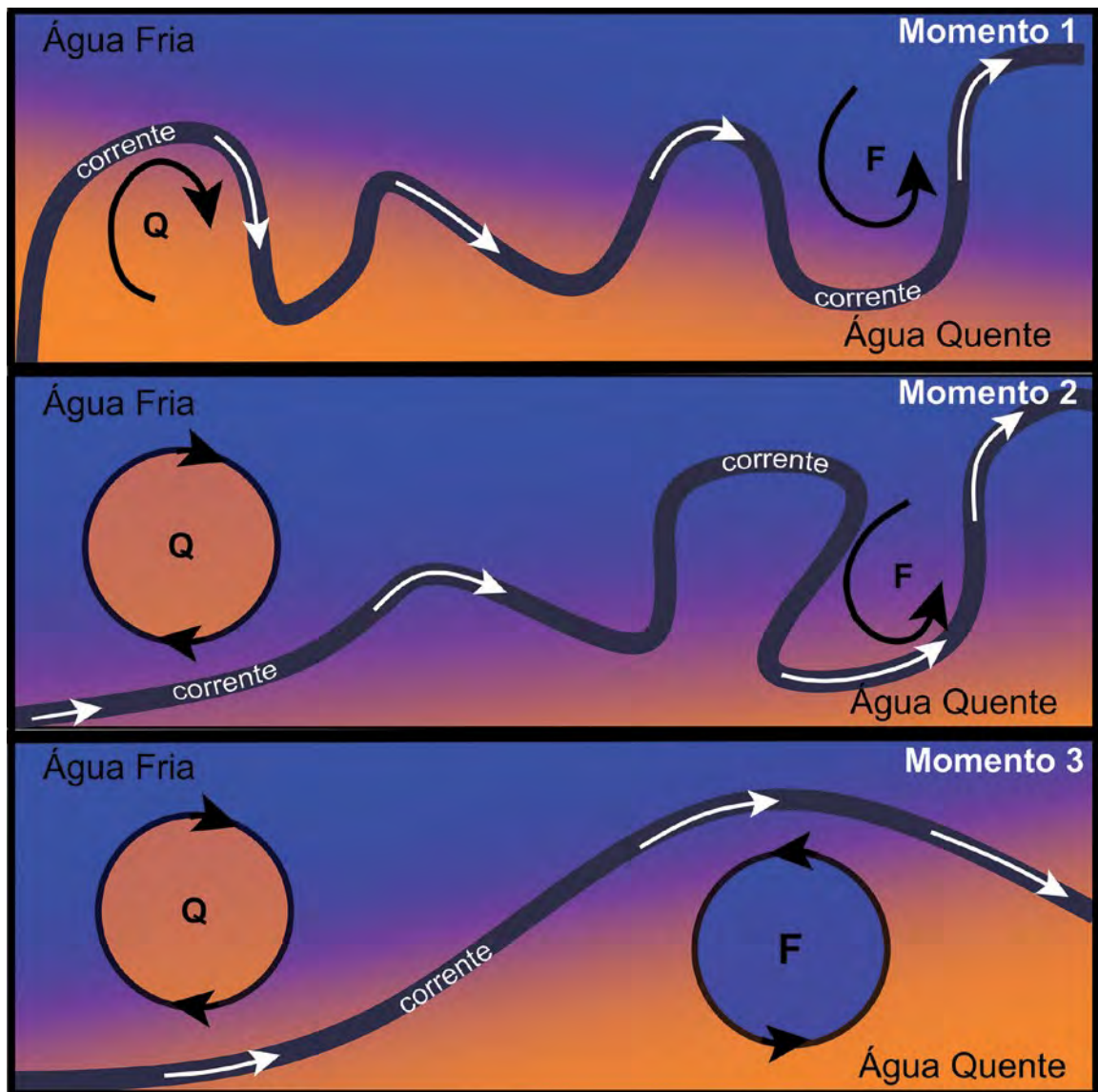
A mais intensa e marcada convergência oceânica, contudo, acontece no Oceano Antártico, na chamada Frente Polar Antártica ou Convergência da Antártica, que circunda todo o continente Antártico, entre 50° e 60°S. Um pouco mais próximo do Continente, em torno de 70°S, ocorre, ao contrário, uma forte divergência, entre a Deriva do Vento Leste e a Corrente Circumpolar Antártica. Esses fenômenos de Convergência e Divergência associados fazem do Oceano Antártico um dos mais ricos do mundo em termos de concentração de nutrientes, com a produtividade primária sendo limitada, nesse caso, apenas pelo curto período de incidência de luz ao longo do ano e pelas baixas temperaturas. Contudo é relevante destacar que nas águas que circundam o continente gelado da Antártica existe uma das pescarias mais produtivas do mundo, com o seu início datando da década de 1980. As principais espécies exploradas são o krill (*Euphausiacea*), a merluza-negra (*Dissostichus eleginoides*) e, mais recentemente, o bacalhau-da-Antártica (*Dissostichus mawsoni*).

Outro fenômeno associado às correntes oceânicas importante para o enriquecimento das camadas superficiais é a formação de vórtices. No Atlântico Norte, por exemplo, é bastante comum a formação de vórtices a partir do estrangulamento dos meandros da Corrente do Golfo. Quando a Corrente do Golfo meandra para a esquerda do seu curso, sua massa de água se mistura com a massa de água fria da Corrente do Labrador. Quando este meandro se estrangula ocorre a formação de um vórtice de águas quentes, que circulará no sentido horário e, portanto, anti-ciclônico. Quando, ao contrário, a Corrente meandra para a direita,

o estrangulamento resultará na formação de um vórtice de água fria, com sentido anti-horário e, portanto, ciclônico (Fig. 10.3). Em função do efeito de Coriolis, que no Hemisfério Norte atua sempre para a direita do movimento, os vórtices de águas quentes, horários, anti-ciclônicos, desenvolverão um movimento convergente em seu centro, enquanto os vórtices de água fria, anti-horários, ciclônicos, apresentarão um movimento divergente. Ambos serão importantes para a pesca não apenas em função dos fortes gradientes ambientais que apresentam, principalmente de temperatura, mas também por resultarem na ressurgência (divergência) e afundamento (convergência) de massas d'água. Vórtices como esses são também observados no Atlântico Sul, gerados pelo encontro das correntes do Brasil e das Malvinas.

No caso dos vórtices divergentes, águas mais profundas e, conseqüentemente, mais ricas em nutrientes, aflorarão à superfície, promovendo uma intensificação dos processos de produção primária. Por outro lado, no caso dos vórtices convergentes, ao contrário, ocorrerá o afundamento de massas d'água, resultando em uma maior concentração de organismos forrageiros, particularmente de zooplâncton. É comum os peixes utilizarem os vórtices também como zonas de repouso ou mesmo de desova. Algumas espécies, por exemplo, costumam desovar no centro de vórtices convergentes, os quais, além de possuírem águas mais quentes, tendem a manter os ovos e larvas agregados no seu centro, promovendo ao mesmo tempo a concentração de organismos forrageiros, necessários à alimentação das larvas (Laevastu & Hayes, 1981).

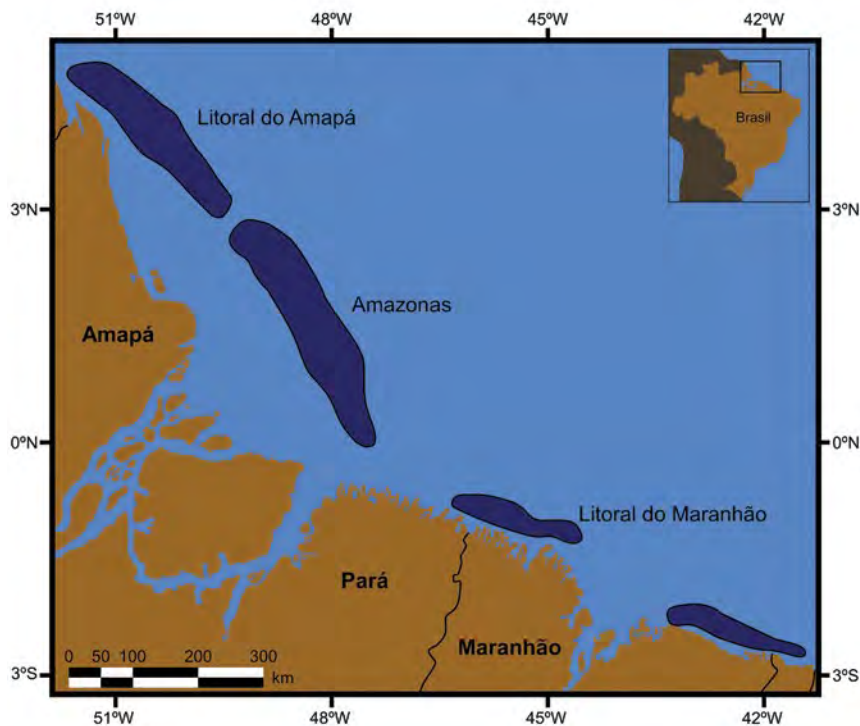
Nas desembocaduras de rios também costumam se formar importantes frentes oceânicas com forte gradiente de salinidade e eventualmente também de temperatura. Como já citado, os nutrientes transportados pelos rios constituem um fator de grande importância para o enriquecimento dos ecossistemas costeiros. Por exemplo, na



**Figura 10.3** Esquema simplificado do mecanismo de formação de vórtices a partir do meandro de correntes. **Q)** água mais quente; **F)** água mais fria. **Ilustração** Gianfrancisco Schork. **Fonte** Assad et al. (2009).

região Norte do Brasil, existe um extenso banco camaroneiro que fica compreendido desde a foz do Rio Parnaíba até a foz do Rio Oiapoque, na fronteira com a Guiana Francesa, incluindo também a foz do Rio Amazonas, onde são desenvolvidas várias modalidades de pesca de arrasto. Esse banco camaroneiro cobre uma área de aproximadamente 223.000 km<sup>2</sup>, entre 40 e 80 m de profundidade,

e se constitui em uma das áreas mais produtivas para este tipo de pescaria no mundo, em função do intenso aporte de matéria orgânica de origem continental, que resulta no incremento dos processos de produção primária e alavanca as pescarias artesanais e industriais na região (Aragão et al., 2015) (Fig. 10.4).



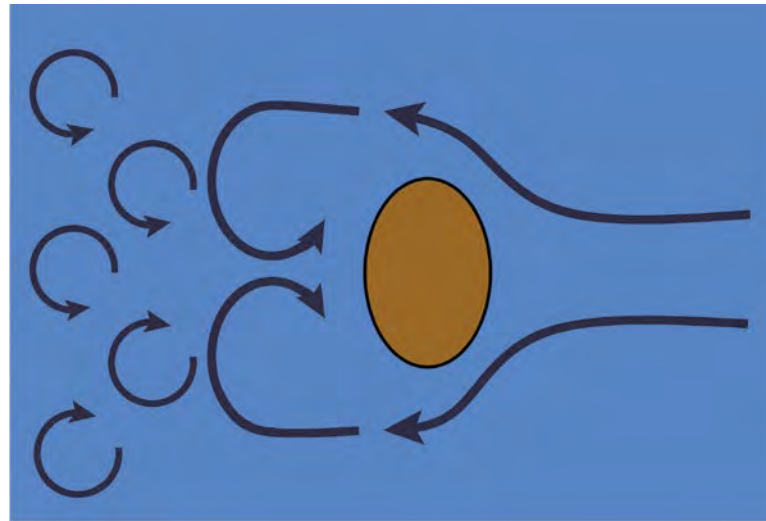
**Figura 10.4** Áreas de pesca de arrasto de camarões na costa norte do Brasil. **Ilustração** Gianfrancisco Schork. **Fonte** Aragão et al. (2015).

Um outro processo que influencia a produtividade, embora em menor escala, é conhecido como circulação de Langmuir. Esta circulação ocorre quando o vento sopra com uma certa constância sobre mares relativamente calmos, resultando na formação de células paralelas de circulação vertical com zonas de divergência/ ressurgência e convergência/ afundamento de água entre elas (Lalli & Parsons, 1993). Esta circulação é facilmente visível pela formação de linhas de espuma paralelas, as quais correspondem à interface de convergência.

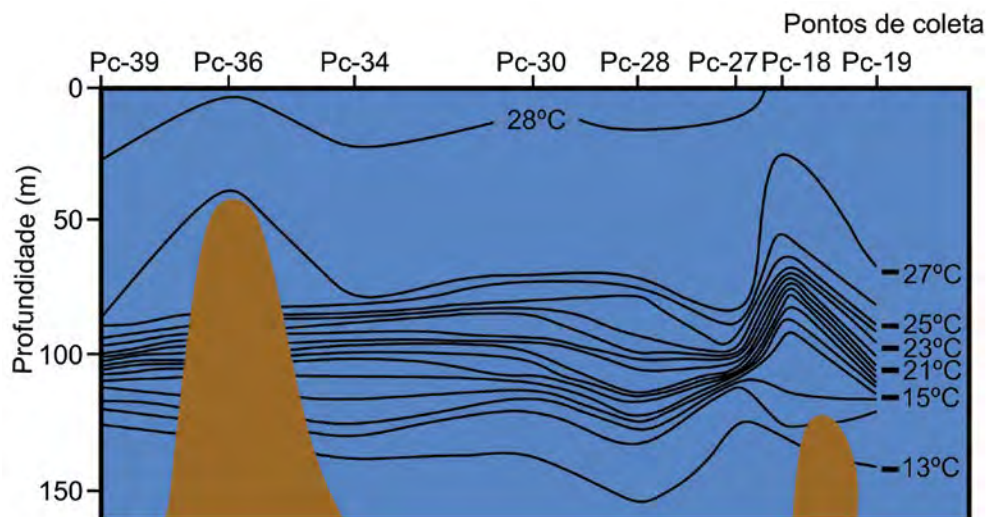
### c) Bancos e ilhas oceânicas

Os bancos oceânicos ou montes submarinos (*seamounts*) constituem normalmente ecossistemas altamente produtivos e de grande importância para a atividade pesqueira. Os bancos submersos possuem perfil topográfico variado e têm grande interação com o ambiente físico, sobretudo com o padrão de circulação hidrodinâmica que o circunda,

embora seus mecanismos e efeitos ainda não sejam completamente compreendidos (White et al., 2007). A própria natureza abrupta da topografia dos bancos submersos é responsável por desencadear vários mecanismos e processos de circulação oceânica distintos, incluindo o bloqueio do fluxo das correntes oceânicas e um aumento da turbulência e mistura das massas de água circundantes. Quando uma corrente oceânica incide contra um banco submerso, parte de sua energia cinética se transforma em energia potencial resultando no soerguimento da massa d'água sobre o cume do banco. Tal fenômeno é facilmente perceptível a partir da análise das isotermas ou da pycnoclina, que comumente se distinguem a partir da sua deformação e estreitamento, bem como pela aceleração da corrente sobre o cume do banco submerso. Na face posterior a este, por sua vez, em função do movimento inercial da corrente ocorre à formação de um "vácuo" que resultará no afundamento da massa d'água, com parte dela, contudo, recirculando e ressurgindo ao longo da face posterior do banco (Figs. 10.5 e 10.6).



**Figura 10.5** Vista superior de um banco oceânico submerso e do mecanismo de formação de vórtices resultantes da interação entre a corrente oceânica e o relevo submarino. **Ilustração** Gianfrancisco Schork.



**Figura 10.6** Efeitos da interação entre a corrente oceânica e o relevo submarino sobre a distribuição vertical da temperatura da água em dois bancos vizinhos da Cadeia Norte do Brasil. **Ilustração** Gianfrancisco Schork. **Fonte** Travassos et al. (1999).

Sendo assim, movimentos de ressurgência são fenômenos comuns tanto na face anterior como posterior dos montes submarinos. Além da ressurgência, ocorre também a formação de vórtices à jusante do banco, resultando em geral em um padrão de circulação caracterizado por uma elevada turbulência. Esta turbulência, por sua vez, reflete-se no padrão de distribuição vertical da

temperatura da água, que apresenta geralmente uma série de termoclinas transitórias, as quais conferem ao mesmo a forma de degraus (*stepwise*). Eventualmente, alguns vórtices podem permanecer um certo tempo sobre os bancos, caracterizando uma circulação conhecida como Coluna de Taylor (Rogers, 1994), promovendo, assim, um efeito de enriquecimento mais duradouro e acentuado.

Esses fenômenos de circulação associados aos bancos e ilhas oceânicas geram processos de ressurgências que resultam em um florescimento do fitoplâncton e na conseqüente agregação de vida marinha ao longo de toda cadeia trófica, com grande importância para o aumento da produtividade biológica em seu entorno, sendo conhecido como efeito-ilha (Doty & Oguri, 1956). Embora tenha sido estudado e caracterizado há mais de 60 anos atrás, mais estudos precisam ser ainda realizados para se conhecer melhor esse fenômeno de elevada importância ecológica, principalmente no que se refere aos diversos fatores envolvidos, como as características das correntes, do relevo submarino, entre outros (Gove et al., 2016). Esses autores, estudando diversas ilhas e atóis do Pacífico, afirmam que eles funcionam como verdadeiros oásis, aumentando a biomassa primária em até 86% em relação às condições oceânicas adjacentes e promovendo, assim, o transporte de energia para níveis tróficos mais elevados.

Os fenômenos de ressurgência sobre os bancos oceânicos da costa do Nordeste do Brasil (Cadeia Fernando de Noronha e Cadeia Norte), parecem ser mais intensos naqueles com profundidades entre 100 e 200 m, cujo topo se encontra abaixo da termocline (Travassos et al., 1999), sendo estes também os que apresentam os maiores índices de captura de tubarões (Hazin et al., 1998). É importante notar, que se os bancos forem muito profundos, mesmo que a ressurgência seja intensa não resulta no aporte de nutrientes para a zona eufótica, não contribuindo, portanto, para a elevação da produção primária. Por outro lado, se os bancos forem muito rasos, os movimentos de ressurgência não ocorrem, pois o seu cume se encontra situado dentro da camada de mistura, que normalmente é pobre em nutrientes, além da energia potencial resultante do choque das correntes contra o banco ser reduzida e, portanto, insuficiente para soerguer as camadas de massas d'água estratificadas para águas mais rasas (Travassos et al., 1999).

Embora não restem dúvidas de que os bancos promovem a concentração de pescado, constituindo-se, assim, em importantes áreas de pesca, os mecanismos que resultam nesta concentração são ainda pouco conhecidos. Alguns autores afirmam que a escala espaço-temporal em que os movimentos de ressurgência associados a esses bancos se processam é pequena demais, resultando, assim, em um elevado grau de instabilidade e transitoriedade desses processos e que, portanto, apesar de promoverem um incremento da produção primária, não seria possível a transferência local desta energia a níveis tróficos superiores, já que este é um processo lento, podendo se estender por vários dias ou mesmo semanas. Uma outra hipótese aventada, portanto, é de que o enriquecimento das águas circundantes aos bancos pode ser o resultado do “aprisionamento” dos organismos zooplânctônicos sobre o seu cume, em conseqüência da sua deriva com a corrente oceânica associada aos seus movimentos diários de migração vertical. De uma maneira geral, o zooplâncton migra ao final do dia para camadas mais rasas, onde permanece durante a noite, migrando de novo para áreas mais profundas ao nascer do sol. Nesse momento, de migração para águas mais profundas, os organismos zooplânctônicos que se encontrassem sobre um banco seriam impedidos de mergulhar, concentrando-se, assim, sobre ele. É interessante notar que em muitos casos as espécies que se concentram sobre os bancos são diversas daquelas que se distribuem na área oceânica no seu entorno.

Embora, em trabalho pioneiro realizado nos bancos e ilhas oceânicas do Nordeste do Brasil, Travassos et al. (1999) não tenham detectado indicativos dos efeitos de massa de ilha no Atol das Rocas e nos Arquipélagos de Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo, esses locais são bem conhecidos quanto à importante agregação de vida marinha, incluindo diversos recursos pesqueiros, como os atuns, a exemplo da albacora-laje (*Thunnus albacares*), a cavala impinge (*Acanthocybium solandri*) e a barracuda (*Sphyraena barracuda*)

(Travassos, 1999b). A elevada produtividade pesqueira nessas localidades claramente aponta para a ocorrência de fenômenos de enriquecimento que precisam ser melhor estudados.

Ainda em relação à pesca oceânica de atuns e afins, sobretudo em relação aos elasmobrânquios, um bom exemplo da relação dos montes submarinos com a atividade pesqueira é o complexo da Elevação do Rio Grande, localizada a aproximadamente 1.200 km da costa sudeste brasileira e cerca de 2.000 km a oeste da Cordilheira Meso-oceânica do Atlântico Sul, com uma profundidade mínima no seu cume em torno de 400 m. Desde o ano 2000 que a frota de espinhel de superfície nacional passou a operar nessa área durante o primeiro trimestre de cada ano e, desde então, vem alcançando altos rendimentos para a captura do tubarão-azul (*Prionace glauca*). Importante notar que a área da Elevação do Rio Grande e adjacências parece se constituir em um berçário para esta espécie, uma vez que a proporção de juvenis é mais elevada nessa região (Mourato et al., 2008; Carvalho et al., 2011; Coelho et al., 2015). Embora a Elevação do Rio Grande tenha sido caracterizada como uma área com baixa produtividade primária, os processos acima mencionados, tais como a formação de vórtices e a circulação de Coluna de Taylor, além da ressurgência das massas de águas profundas da Antártida, bem como as interações da fauna bentônica e pelágica nas partes mais rasas dessa elevação, podem resultar em aumentos locais da produtividade (Monteserrat et al., 2019), que não foram ainda bem descritos. Tais fenômenos certamente maximizariam a disponibilidade de alimentos para os tubarões e explicaria a alta densidade e elevadas capturas sobre a Elevação do Rio Grande.

Um outro exemplo de associação de elasmobrânquios aos bancos oceânicos pode ser encontrado no tubarão toninha (*Carcharhinus signatus*), que responde por mais de 90% das capturas de espinhel realizadas sobre os bancos oceânicos da costa do Nordeste. Já na região

oceânica, sua participação cai para menos de 10%, com o tubarão-azul (*Prionace glauca*) tornando-se aí a espécie dominante (Hazin et al., 1998). De uma maneira geral, embora os processos de agregação dos tubarões oceânicos, bem como de outras espécies de atuns e de agulhões ao redor dos bancos e montes submarinos sejam ainda pouco conhecidos, existem duas hipóteses que podem descrever as razões ecológicas para explicar essas concentrações. A primeira, e a mais aceita, já amplamente discutida acima, é que essas espécies possivelmente são atraídas para essas regiões devido às elevadas concentrações de potenciais presas. Um segundo fator, porém, possivelmente contributivo é que os montes submarinos desempenhem também um papel de auxílio à navegação nos processos migratórios dessas espécies, uma vez que eles frequentemente têm assinaturas geomagnéticas distintas, podendo atuar como importantes marcos de navegação para as espécies altamente migratórias (Holland & Grubbs, 2007; Litvinov, 2007).

#### **d) Quebra da plataforma continental**

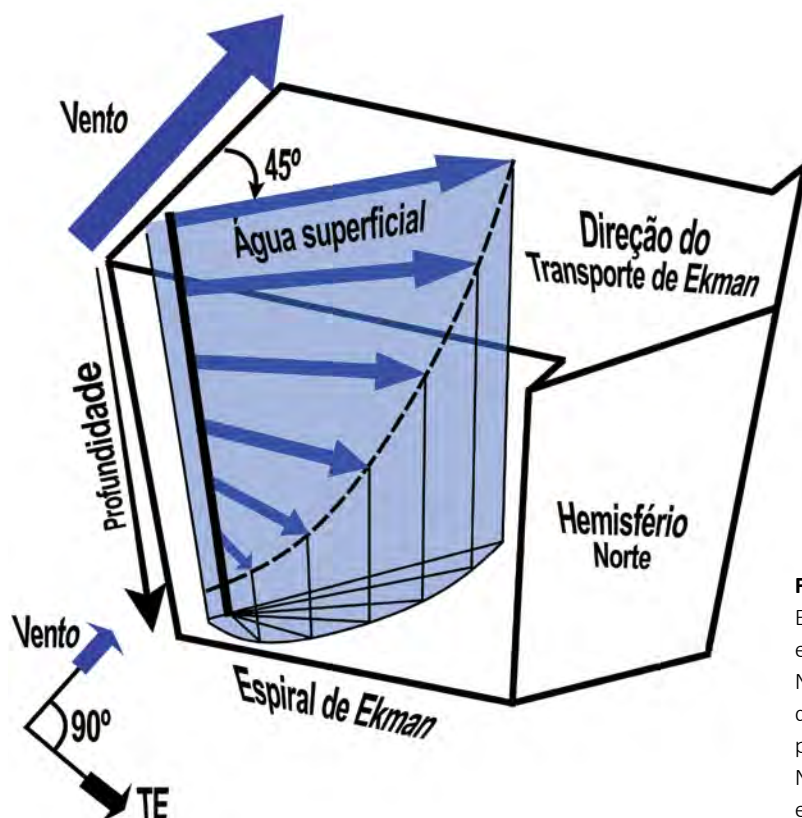
Um processo semelhante ao acima descrito para os bancos oceânicos/ montes submarinos ocorre também, em alguns casos, na quebra da plataforma continental, particularmente quando a direção da corrente é frontal à mesma, como é o caso da costa nordeste do Brasil, em torno de 10°S, onde a Corrente Sul Equatorial bifurca-se na Corrente Norte do Brasil, que segue para o norte, e na Corrente do Brasil, que dirige-se para o sul. Nesses casos, movimentos de ressurgência conhecidos como ressurgência de quebra de plataforma (*shelf-break upwelling*) costumam acontecer, resultando na invasão de águas mais profundas, mais frias e com um maior teor de nutrientes sobre a plataforma continental. Campos et al. (2000), por exemplo, descreveram eventos de ressurgências de quebra de plataforma que resultaram na formação de meandros ciclônicos da Corrente do Brasil a partir da borda da plataforma da Bacia de Santos. Tal

fenômeno resulta na intrusão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), rica em nutrientes, oriunda do talude continental sobre a plataforma nessa região, sendo mais intensificado durante os meses quentes do ano. Inúmeras espécies de peixes parecem se utilizar desse fenômeno para realizar a desova durante esse período, promovendo assim uma ampliação da oferta de alimentos para suas larvas, resultante do enriquecimento oceânico ocasionado por esse fenômeno oceanográfico.

### e) Ressurgência costeira

O fenômeno de ressurgência costeira resulta do deslocamento de água do mar para longe da costa provocado pelo vento. Quando o vento sopra sobre a superfície do mar, o movimento da água não acompanha, como seria de se supor a princípio, a mesma direção do vento. Em função do efeito de Coriolis, a massa de água deslocada superficialmente

vai sofrer um desvio em relação à direção do vento, para a direita, no Hemisfério Norte, ou para a esquerda, no Hemisfério Sul, em torno de  $45^\circ$ . Além disso, na medida em que o movimento da água vai sendo transferido, para as camadas inferiores, a direção vai também gradualmente sendo alterada até que se atinge uma profundidade, chamada de profundidade de influência friccional, na qual a direção da corrente se torna oposta à da superfície. É claro que em função do atrito, a intensidade e a velocidade da corrente nessa profundidade será apenas uma pequena fração daquela observada nas camadas mais rasas. A coluna d'água que se estende desde a superfície até a profundidade de influência friccional é comumente chamada de Camada de Ekman, em homenagem a Vagn Walfrid Ekman, oceanógrafo sueco que primeiro descreveu a dinâmica desses movimentos, em 1905. Da mesma forma, a espiral formada pela alteração da direção do movimento ao longo da coluna d'água, é denominada Espiral de Ekman (Fig. 10.7).



**Figura 10.7** Esquema simplificado da Espiral de Ekman, formada em consequência da ação do vento e do efeito de Coriolis. (TE) Transporte de Ekman. Note-se que, no exemplo acima, o desvio na direção do movimento da água em relação ao vento ocorre para a direita, indicando que se refere ao Hemisfério Norte. **Ilustração** Gianfrancisco Schork. **Fonte** Assad et al. (2009).



O efeito de Coriolis aumenta com a latitude, de acordo com a seguinte expressão, descrita por Gaspard Gustave de Coriolis, em 1844:  $C = 2V\Omega \sin\phi$ , onde  $C$  = efeito de Coriolis,  $V$  = velocidade da partícula (da massa de água no presente caso),  $\Omega$  = velocidade angular de rotação da Terra (constante) e  $\phi$  = latitude. A profundidade de influência friccional (PIF), portanto, diminuirá com a latitude na medida em que  $C$  aumentará e conseqüentemente a alteração na direção do deslocamento da água ocorrerá mais rapidamente. Note-se também que como  $C$  depende do seno de  $\phi$ , seu valor será nulo no equador, aumentando com a latitude, ao passo que o seu gradiente para uma determinada variação de  $\phi$ , ao contrário, diminuirá. Assim, para um vento constante de 10 m/s, por exemplo, a PIF vai ser igual a 100, 50 e 45 m, nas latitudes de 10°, 45° e 80°, respectivamente.

O volume-transporte resultante da integração da Espiral de Ekman, também chamado de transporte de Ekman, em função da alteração gradual da direção do movimento ao longo da coluna d'água, tenderá a ocorrer, em sua maior parte, com maior intensidade a aproximadamente 90° da direção do vento. Desta forma, um vento que sopra paralelo à costa, no Hemisfério Sul, no sentido S→N, empurrará as massas de água para oeste (para a esquerda da direção predominante do vento) e se, portanto, o continente se localizar à direita do sentido do vento, as massas d'água costeiras serão empurradas para longe da costa, tendo que ser, em consequência, repostas por águas ressurgidas de maiores profundidades, caracterizando assim o fenômeno conhecido como ressurgência costeira. Da mesma maneira, no Hemisfério Norte, a ressurgência costeira ocorrerá quando o vento soprar no sentido N→S e a massa continental estiver à sua esquerda. Como os ventos alísios de Sudeste (Hemisfério Sul) e Nordeste (Hemisfério Norte), prevalecem desde 30° de latitude até a linha do equador em ambos os Hemisférios, as zonas de ressurgência costeira ocorrem sempre na margem oriental dos Oceanos, na costa oeste, portanto, dos continentes.

São os fenômenos de ressurgência costeira, por exemplo, que promovem o enriquecimento das águas superficiais na costa do Peru e do Chile e, conseqüentemente, a elevada produtividade pesqueira desses países. Na costa ocidental da Austrália, contudo, onde também seria de se esperar a ocorrência de ressurgência, ela é suprimida em função do grande volume de águas quentes provenientes do Norte (Lalli & Parsons, 1993). Note-se que as águas que ressurgem não provêm de grandes profundidades, sendo oriundas em geral de camadas situadas entre 50 e 300 m. É preciso notar, ainda, que nem toda ressurgência implica o enriquecimento da zona eufótica. Em determinadas regiões, onde as camadas mais profundas são também pobres em nutrientes, a ressurgência não resulta no enriquecimento das camadas superficiais nem em uma maior produtividade pesqueira, como ocorre, por exemplo, na costa da Somália.

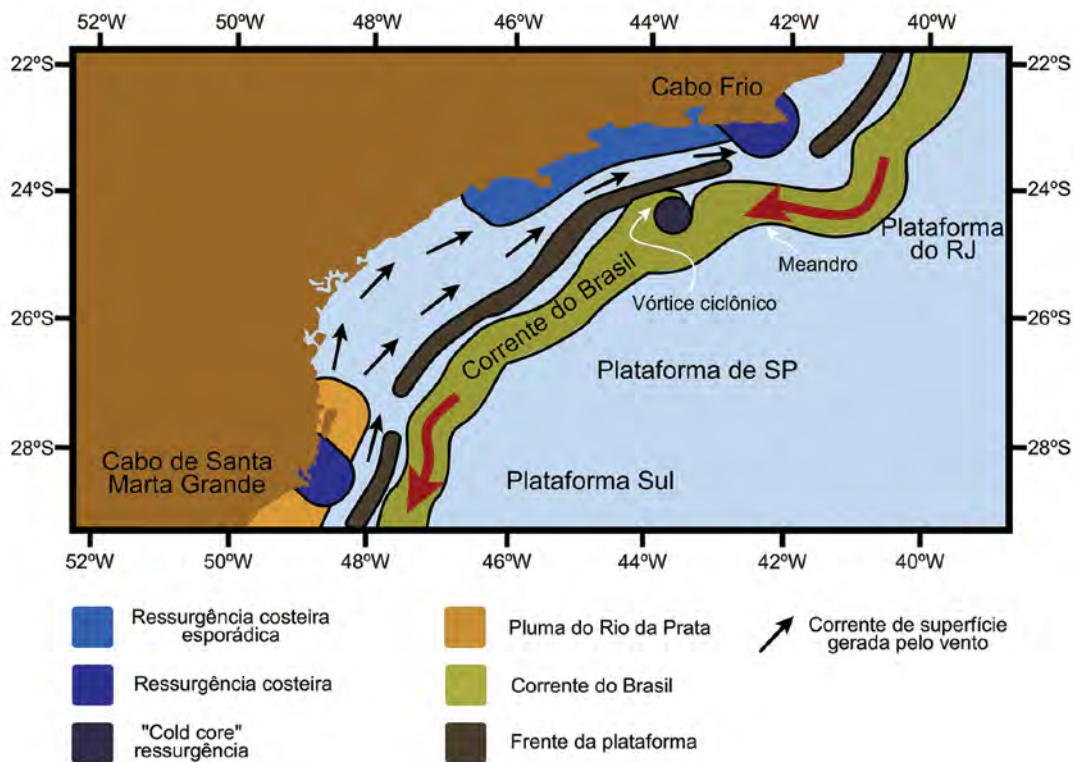
Embora em menor intensidade, uma ressurgência costeira sazonal ocorre na plataforma continental das costas sul e sudeste do Brasil, na região de Cabo Santo Marta e Cabo Frio, respectivamente. A dinâmica oceanográfica dessas regiões é impulsionada pelos ventos de norte e nordeste na borda interna da plataforma, que em conjunto com a quebra da linha de costa do Brasil, frente à Cabo Frio, deslocam as águas superficiais para longe da costa, pelo transporte de Ekman, resultando na ressurgência e intrusão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) sobre a plataforma, fenômeno que se intensifica nos meses mais quentes (primavera e verão), em razão dos alísios serem mais fracos, mas mais paralelos à costa. De maneira similar, a ressurgência da ACAS também se manifesta com relativa intensidade e nas mesmas épocas do ano na região do Cabo de Santa Marta Grande, divisa dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Fig. 10.8).

Nas demais regiões da plataforma continental sudeste-sul, o transporte de Ekman faz com que a ACAS avance em direção à costa junto ao fundo,

sem afloramentos. Esse avanço, porém, também contribui para a fertilização da zona eufótica subsuperficial, que estimula a produtividade primária (do fitoplâncton e do microfitobentos), além de gerar condições propícias para a alimentação do ictioplâncton, paralarvas de lulas e formas larvais de outros invertebrados (Pellizzari et al., 2005; Lopes et al., 2006; Martins et al., 2014). Essa é aparentemente a razão pela qual a maioria das espécies de peixes e invertebrados (de importância comercial ou não) sincronizam seus períodos de desova com a penetração da ACAS durante a primavera-verão no Sudeste-Sul do Brasil (Matsuura et al., 1992). Além disso, conforme descrito anteriormente, nessa região também ocorrem as ressurgências de quebra de plataforma que resultam na formação de meandros ciclônicos a partir do sentido da Corrente do Brasil (Fig. 10.8). Por essa razão, a produtividade, tanto primária como secundária, é relativamente elevada, resultando principalmente da fertilização da zona eufótica pela intrusão da ACAS, rica em nutrientes,

durante a primavera e o verão. Não por acaso, essa região é responsável por quase metade da produção pesqueira marinha brasileira, contribuindo significativamente para a produtividade pesqueira de importantes estoques presentes na costa sudeste e sul do Brasil, como a sardinha e o bonito listrado.

Um fenômeno importante que interfere nos processos de ressurgência costeira da costa do Peru e do Chile é conhecido como o *El Niño*, nome que foi criado pelos pescadores locais em função do mesmo ocorrer normalmente próximo ao Natal, sendo, portanto, o *El Niño* uma referência ao menino Jesus. Em anos normais, os ventos alísios de Sudeste, que empurram as águas superficiais no sentido E→W, promovem um empilhamento de águas quentes na margem ocidental do Oceano Pacífico, nas costas da Austrália e Nova Guiné, e a ressurgência costeira na margem oriental deste oceano, na costa da América do Sul, resultando assim no enriquecimento dessas águas e em uma



**Figura 10.8** Processos oceanográficos da plataforma continental da costa sul e sudeste do Brasil. **Ilustração** Gianfrancisco Schork. **Autor** Prof. Rodrigo Martins, Instituto do Mar/ UNIFESP, 2019.

elevada produtividade pesqueira. Quando esses ventos, entretanto, se tornam anormalmente mais fracos, o acúmulo de água retorna, invadindo todo o Oceano Pacífico tropical e impedindo, ou reduzindo consideravelmente, a ocorrência de ressurgência na costa da América do Sul. Como consequência, ocorre uma acentuada queda na produção pesqueira, além de inúmeras influências no clima, alterando o padrão de chuvas em vários países. Nos anos de *El Niño* é comum ocorrer, por exemplo, chuvas intensas na margem ocidental do continente americano, devido à maior evaporação associada às temperaturas mais elevadas da superfície do mar, e seca na Austrália e Indonésia. Inicialmente pensava-se que as maiores temperaturas da água do mar provocavam uma grande mortalidade dos peixes, resultando, assim, na queda da produção pesqueira. Hoje, contudo, sabe-se que os cardumes na verdade apenas mergulham para águas mais profundas e, portanto, mais frias, tornando-se dessa forma inacessíveis ou menos vulneráveis aos aparelhos de pesca, entre os quais se destaca a rede de cerco ([maiores informações sobre o mecanismo desse fenômeno no capítulo de Elementos de meteorologia física e fenômenos atmosféricos](#)).

## 4. INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NOS ANIMAIS AQUÁTICOS E NA PESCA

Diversas variáveis ambientais influenciam, direta ou indiretamente, o comportamento dos animais aquáticos, interferindo, portanto, na sua capturabilidade, incluindo-se entre as mais importantes: temperatura da água do mar, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, densidade, luz e turbidez. Entre essas variáveis, a temperatura da água do mar é a que exerce maior influência, sendo ainda uma das mais fáceis de mensurar. Em função de sua grande importância, portanto, a influência da temperatura da água do mar nos animais aquáticos e na pesca será examinada aqui com maior detalhamento do que as demais ([Ver capítulo: Geoestatística aplicada às ciências pesqueiras](#)).

### 4.1. Temperatura da água do mar

A água do mar apresenta, por um lado, proporcionalmente 25 vezes menos oxigênio que o ar atmosférico e, por outro, valores de densidade e viscosidade muito maiores. Essas propriedades obrigam os animais aquáticos a possuírem uma grande superfície respiratória em contato com a água, de forma a absorver eficientemente o oxigênio e liberar o gás carbônico. Esse fato, aliado às características da água, como o seu elevado calor específico e alto coeficiente de condutividade térmica (para um líquido), resultam em uma acentuada troca de calor entre o meio interno (sangue) e o externo (água do mar). Em outras palavras, no ambiente aquático não há como se trocar gases de maneira eficiente, sem se trocar também calor. Isto explica por que a homeotermia só pôde se desenvolver nos animais com respiração aérea (aves e mamíferos). O resultado é que os animais aquáticos são muito mais vulneráveis e dependentes da temperatura ambiental do que os terrestres.

Como discutido acima, cada animal possui os seus limites de tolerância e a sua faixa ótima de temperatura, a qual pode variar entre estoques diferentes de uma mesma espécie e ainda entre os diferentes estágios fisiológicos e ontogenéticos dos indivíduos de uma determinada população. Além disso, a tolerância térmica é altamente dependente dos outros fatores biológicos e ambientais, como, por exemplo, a disponibilidade de alimento, que definirá a condição nutricional, e a concentração de oxigênio dissolvido. O fato dos primeiros estágios de vida apresentarem normalmente o maior grau de suscetibilidade a variações de temperatura não apenas constitui um dos fatores mais importantes na definição dos limites geográficos da distribuição de uma espécie, mas também impõe restrições ao comportamento reprodutivo dos adultos, que são obrigados a buscar um local para a desova que seja termicamente adequado ao desenvolvimento dos embriões e larvas. Esta “limitação térmica” comumente resulta na concentração de peixes em áreas de desova, as quais constituem conseqüentemente bons pesqueiros.

Os animais aquáticos são geralmente bastante sensíveis a variações de temperatura. Alguns teleosteos possuem um limiar de excitação para estímulos térmicos tão baixo quanto  $0,03^{\circ}\text{C}$  (Laevastu & Hela, 1970). Além disso, a temperatura exerce uma forte influência em inúmeros processos biológicos. Tanto a taxa como a eficiência metabólica normalmente aumentam com a temperatura até um determinado ponto, a partir do qual declinam rapidamente. A equação de Arrhenius,  $Q_{10} = k(t+10)/kt$ , expressa o grau de variação ( $Q_{10}$ ) da taxa metabólica ( $k$ ), normalmente expressa em termos do consumo de oxigênio por unidade de tempo, em função de um gradiente de  $10^{\circ}\text{C}$  ( $t$ ). Valores típicos de  $Q_{10}$  situam-se entre 1,5 e 3 (Schmidt-Nielsen, 1976), o que significa que um animal aquático pode ter o seu metabolismo acelerado ou retardado em até 3 vezes a cada variação de  $10^{\circ}\text{C}$  de temperatura.

Assim como os níveis de letalidade, acima discutidos, a variação da taxa metabólica em função da temperatura depende diretamente da velocidade com que essa varia. Quando a variação ocorre, por exemplo, ao longo do ano, a espécie vai gradualmente adaptando a sua taxa metabólica aos novos valores de temperatura, através de um processo de aclimação. Por este motivo é que a capacidade natatória de um salmão durante o inverno não é muito diferente da exibida no período de verão. Quando a variação da temperatura, entretanto, se dá de forma brusca, como ocorre por ocasião da intrusão de uma massa de água fria em uma determinada região, a capacidade natatória dos peixes pode ser fortemente reduzida, resultando assim em índices mais elevados de captura na pesca de arrasto, por exemplo.

Assim como a taxa metabólica, a taxa de crescimento também tende a aumentar com a temperatura até certo ponto a partir do qual decresce de forma abrupta. Por este motivo é que animais de altas latitudes apresentam normalmente um crescimento sazonal, enquanto aqueles de regiões tropicais crescem o ano inteiro.

A intermitência no crescimento de espécies que se distribuem em regiões temperadas facilita o estudo da sua idade por meio da leitura dos anéis que se formam em estruturas calcificadas, como otólitos e vértebras. As características estruturais e merísticas, como o tamanho máximo, o número de vértebras, de raios da barbatana, assim como a expectativa de vida, normalmente decrescem com o aumento da temperatura, motivo pelo qual animais de uma determinada espécie, em regiões temperadas, tendem a atingir um maior tamanho e viver mais tempo do que outros da mesma espécie, vivendo em regiões equatoriais. A influência da temperatura nas características estruturais e merísticas ocorre principalmente durante o desenvolvimento embrionário e larval.

Os processos reprodutivos, por sua vez, são fortemente influenciados pela temperatura. Tanto o desenvolvimento gonadal como o amadurecimento dos gametas podem ser acelerados ou retardados dependendo do aumento ou declínio da temperatura, respectivamente. O índice de fecundidade, expresso no número de gametas presente nas gônadas, por sua vez, também dependerá da temperatura durante o desenvolvimento gonadal. A história passada da temperatura, portanto, pode se constituir em um fator decisivo na definição do momento da chegada de um determinado estoque na área de desova, interferindo ainda de forma relevante no seu grau de sucesso. Além disso, anomalias de temperatura podem forçar um determinado estoque a desovar fora da área tradicionalmente frequentada para este fim, impossibilitando, assim, a sua captura durante a estação de pesca.

Mudanças de temperatura não apenas constituem, em muitos casos, um dos estímulos mais importantes na liberação dos gametas na água, como influenciam também a sua taxa de sobrevivência e eficiência, contribuindo assim na determinação do índice de fertilização. Fêmeas de tubarão-azul, *Prionace glauca*, no Atlântico Sul, por exemplo, após a cópula na costa sudeste do

Brasil, armazenam os espermatozoides na glândula oviducal, migrando para a região equatorial deste oceano, aí chegando cerca de 3 meses depois, na época em que a temperatura da água do mar é máxima, para realizar a ovulação e iniciar a gestação. Além disto, há indicações de que as fêmeas se distribuem em profundidades mais rasas, e, por conseguinte, mais quentes, do que os machos. É bastante provável, que estes animais estejam se utilizando dessas águas mais quentes para aumentar a taxa de fertilização dos óvulos e acelerar o processo de ovulação (Hazin, 1993; Coelho et al., 2017).

O agulhão-vela (*Istiophorus platypterus*), por sua vez, faz um movimento contrário, realizando uma migração sazonal do Atlântico oeste tropical para a costa sudeste do Brasil para realizar a sua desova. Esse padrão migratório parece estar associado ao deslocamento para o sul da isoterma da superfície de 28°C no Atlântico Sul, e com a preferência da espécie por águas quentes. Portanto, acredita-se que essa isoterma pode funcionar tanto como um gatilho para o início desse padrão migratório como para o início do processo de liberação dos gametas na água. Além disso, a estratégia e tática de reprodução dessa espécie também parece estar fortemente correlacionada com a intrusão da ACAS na plataforma continental do sudeste do Brasil, que resulta no enriquecimento oceânico dessa região, o que, conforme já descrito, garantiria uma maior abundância de alimento para as suas larvas e pós-larvas (Mourato et al., 2014a; Mourato et al., 2018), assim como para muitas outras espécies.

A temperatura da água do mar influencia também o desenvolvimento embrionário, interferindo diretamente na taxa de eclosão e no crescimento larval. Um declínio da temperatura da água do mar provoca um aumento no tempo de desenvolvimento de embriões e larvas, através de uma relação geralmente expressa por uma equação exponencial. Devido à elevada sensibilidade das larvas às variações de temperatura, esta variável ambiental também interfere, de forma direta, na

taxa de sobrevivência larval e, conseqüentemente, no recrutamento populacional de muitas espécies. Além disto, o período de vida das larvas como meroplâncton, por sua vez, dependerá diretamente da temperatura, o que definirá, portanto, o seu período de vida como organismo forrageiro altamente vulnerável à predação.

A temperatura da água do mar exerce também inúmeras influências indiretas que repercutem na taxa de sobrevivência das larvas, interferindo, por exemplo, na disponibilidade de alimentos. A intensidade dos processos de produção primária depende não apenas da luz, mas também da temperatura. A abundância do zooplâncton, por sua vez, está relacionada não somente à abundância fitoplanctônica, mas também ao período de desova do plâncton adulto e de inúmeros outros animais aquáticos, vertebrados e invertebrados, sendo este período determinado, como discutido acima, não apenas pela temperatura no momento da desova, mas ao longo de todo o processo de desenvolvimento gonadal e amadurecimento dos gametas. Por outro lado, a distribuição das larvas meroplanctônicas dos animais bentônicos dependerá primariamente do padrão de distribuição dos indivíduos adultos, o qual é, em maior ou menor grau, determinado pela temperatura. Assim, anomalias de temperatura ocorridas nos períodos que antecedem a desova podem antecipá-la ou retardá-la, passando a ocorrer, portanto, em períodos inadequados para o desenvolvimento larval, seja por condições abióticas desfavoráveis, seja por baixa disponibilidade de alimentos.

Um outro efeito importante da temperatura no desenvolvimento larval refere-se à sua interferência nas relações de competição inter-específica. No sul da Califórnia, por exemplo, temperaturas abaixo do normal podem atrasar a desova da sardinha por até 2 meses, tornando as suas larvas incapazes de competir com as larvas de anchoíta, bem menos sensíveis à variação de temperatura (Laevastu & Hela, 1970). A temperatura da água do mar influencia também as relações ecológicas

tanto inter- (predação) como intra-específicas (canibalismo), como ocorre com o *pollock*, *Theragra chalcogramma*, no Mar de Bering (Kihara & Shimada, 1988).

Levando-se em consideração todos os níveis de influência da temperatura no processo reprodutivo, é fácil inferir que a faixa de temperatura na qual a reprodução pode ocorrer com sucesso é muito mais estreita do que aquela na qual os adultos se distribuem, situando-se normalmente em torno de 1/3 a 1/4 dos níveis de letalidade. Assim, a temperatura da água do mar e a intensidade e direção das correntes prevaletentes antes, durante e após a desova, constituem o principal fator determinante da taxa de recrutamento das espécies comercialmente importantes, particularmente, nas espécies pelágicas de ciclo de vida curto.

A temperatura exerce influência nos animais aquáticos ainda através da sua interação com outras variáveis ambientais, como o teor de oxigênio dissolvido, por exemplo. Quando a temperatura se eleva diminui a solubilidade, e, portanto, a oferta do oxigênio na água. Esse fator se agrava particularmente em função da taxa metabólica também se elevar com o aumento da temperatura, aumentando assim, conseqüentemente, o consumo de oxigênio.

No ambiente oceânico, fortes gradientes de temperatura podem ser observados nas zonas de frentes oceânicas, tanto no plano horizontal como no vertical. De uma maneira geral, no plano vertical os oceanos podem ser divididos em 3 camadas. A camada mais superficial, que se estende desde a superfície até uma profundidade entre 50 e 200 m, apresenta uma grande homogeneidade devido à intensa mistura promovida pelo vento, razão pela qual é comumente chamada de camada de mistura. A camada abaixo desta, que, em geral, se estende de 50-200 m a 200-1.000 m, apresenta um intenso gradiente térmico, sendo por isso denominada de termoclina (do grego: *thermos*, temperatura; e *clinós*, variação) na qual há uma queda brusca

da temperatura. Por fim, após a termoclina, a temperatura volta a declinar de forma mais gradual até o fundo marinho. Nas regiões polares, assim como nas regiões temperadas, durante o período de inverno, a diferença de temperatura entre a superfície e o fundo é pequena e, assim, a termoclina não se desenvolve. Entretanto, nas regiões temperadas, durante o verão, e na região tropical, durante todo o ano, a termoclina é bastante evidente. A presença constante da termoclina, particularmente nas regiões equatoriais, é um fator importante de empobrecimento, na medida em que impossibilita a mistura vertical, dificultando consideravelmente, portanto, o transporte de nutrientes de águas mais profundas para águas mais rasas. Nas regiões temperadas a termoclina é “erodida” sazonalmente, praticamente desaparecendo durante o inverno, o que permite uma maior mistura da coluna d’água, facilitando conseqüentemente o aporte de nutrientes de zonas mais profundas para águas mais rasas. Nas regiões equatoriais, embora a termoclina seja permanente, a sua profundidade varia sazonalmente, em função da variação da temperatura da superfície e intensidade dos ventos, sendo mais rasa no verão, quando as águas superficiais são mais quentes e os ventos mais fracos, e mais profunda no inverno, quando as águas são mais frias e os ventos mais fortes. Nessas regiões, a termoclina coincide geralmente com uma camada de máxima salinidade, em seu início, e de mínimo oxigênio dissolvido, no seu final. Os baixos teores de oxigênio nessa camada resultam da menor atividade fotossintética decorrente da menor intensidade de luz, em relação à camada de mistura, associada a uma maior demanda bioquímica por oxigênio resultante do acúmulo de detritos orgânicos em função do aumento da densidade, e conseqüentemente viscosidade, da água do mar. Já os valores mínimos de salinidade decorrem do afundamento de águas superficiais nas regiões tropicais, em razão da evaporação e conseqüente aumento da densidade.

Em função do forte gradiente térmico, a termoclina constitui uma zona de forte descontinuidade

faunística, havendo espécies, portanto, que se distribuem acima, dentro ou abaixo da mesma. Com o advento da telemetria via-satélite foi possível rastrear tanto os movimentos verticais como horizontais dos animais aquáticos, sobretudo dos grandes peixes pelágicos. Experimentos com essa tecnologia elucidaram o padrão de uso do habitat na escala vertical para algumas espécies de agulhões e tubarões, como, por exemplo, o agulhão-vela, o agulhão-negro, o tubarão-estrangeiro (*Carcharhinus longimanus*) e o tubarão-lombo-preto (*Carcharhinus falciformis*), que embora possam realizar incursões verticais abaixo da termoclina, se distribuem preferencialmente dentro da camada de mistura durante o dia e a noite (Mourato et al., 2014b; Tolotti et al., 2017; Crespo-Neto, 2016; Lana, 2016). Por outro lado, a albacora-laje parece ter um comportamento de uso do habitat circadiano, permanecendo mais próxima da superfície durante a noite e frequentando águas mais profundas, abaixo da termoclina, durante o dia (Travassos et al., 2009, 2011). Esse mesmo comportamento circadiano é ainda mais evidente, por exemplo, no espadarte (*Xiphias gladius*) e no tubarão-raposa (*Alopias superciliosus*) (Carey & Robison, 1981; Weng & Block, 2004; Abascal et al., 2010; Coelho et al., 2015). Por outro lado, o tubarão-martelo (*Sphyrna lewini*) parece ter o comportamento oposto no que diz respeito ao uso circadiano do habitat, passando mais tempo em águas superficiais durante o dia, com incursões para regiões mais profundas, além da termoclina, durante a noite (Bezerra, 2017).

O conhecimento acerca da estrutura vertical da temperatura, portanto, principalmente da termoclina, é de fundamental importância para a definição da estratégia de operação dos aparelhos de pesca (**ex:** profundidade de atuação da pescaria) na área oceânica, uma vez que determinará não apenas a composição das capturas, mas também o nível de abundância das espécies capturadas. Além disso, a estrutura vertical da temperatura pode interferir diretamente na eficiência do aparelho de captura. Se a profundidade da camada de

mistura, por exemplo, for maior que a altura da rede de cerco, sua eficiência será grandemente reduzida em função do maior índice de escape dos peixes por baixo dela. Finalmente, mesmo quando a temperatura da água do mar não exerce uma influência direta nos animais aquáticos ela pode servir como um indicador extremamente útil de outros fatores oceanográficos que induzem a concentração do pescado em determinadas áreas, como fenômenos de ressurgência ou convergência de correntes.

#### 4.2. Outras variáveis ambientais

Além da temperatura, diversas outras variáveis ambientais exercem influência nos animais aquáticos, repercutindo de forma significativa na atividade pesqueira. No domínio oceânico, a salinidade apresenta uma amplitude de variação muito pequena, situando-se normalmente entre 34 e 37 (Tchernia, 1980) e não exercendo, portanto, uma influência marcante nos animais aquáticos. Apesar disto, mesmo nessas regiões a salinidade pode ser bastante útil para a pesca, como um indicador de diferentes massas d'água. Já na região costeira, nas desembocaduras de rios e estuários, o gradiente de salinidade constitui um fator determinante no padrão de distribuição e, portanto, de concentração de inúmeras espécies.

A intensidade luminosa, por sua vez, constitui um dos fatores de maior importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que todos os processos de produção primária, base da cadeia trófica nos oceanos, dependem diretamente da disponibilidade de luz, além de interferir, também, diretamente, na capacidade de visão dos animais que aí vivem. O limiar de excitação dos animais aquáticos é, de uma maneira geral, muito baixo, alcançando valores de até 0,001 lux, em determinadas espécies de peixe (Laevastu & Hela, 1970). A reação dos peixes à luz, todavia, é amplamente variável. Algumas espécies apresentam fototatismo positivo (são atraídas pela luz), outras negativo (são repelidas), enquanto outras ainda exibem pouca ou nenhuma reação.

Além disso, os mecanismos de reação podem mudar com o estágio ontogenético e a condição fisiológica, podendo uma determinada espécie ser atraída pela luz durante um certo estágio de vida e repelida em outro.

O comportamento dos peixes em relação à luz possui inúmeras aplicações diretas na atividade pesqueira. Na pesca com rede de emalhar próxima à superfície, por exemplo, a produtividade normalmente é bem superior em noites de lua nova do que de lua cheia, quando a rede se torna bem mais visível, facilitando assim o escape dos peixes. Esta relação deixa de se verificar, contudo, quando a rede atua em profundidades onde a penetração da luz da lua se torna imperceptível. A pesca com atração luminosa, valendo-se do fototatismo positivo, por sua vez, é largamente difundida em todo o mundo, na captura de inúmeras espécies como lulas, peixe-agulha, peixe-voador etc. Também neste tipo de pesca, noites de lua nova apresentam uma produtividade mais elevada. Na pesca do espadarte com espinhel de superfície, por sua vez, é comum a utilização de tubos plásticos contendo substâncias fluorescentes, chamados de *light-sticks*. Em muitos casos a atração de uma determinada espécie ocorre não em função do seu fototatismo positivo, mas em consequência da concentração de outros peixes menores dos quais ela se alimenta, sendo muito difícil diferenciar essas duas influências.

Variações sazonais no fotoperíodo, para muitas espécies funcionam, também, como um estímulo para a desova. Em outras, como no caso do peixe-rei-da-Califórnia (*Leuresthes tenuis*), a desova encontra-se associada à fase lunar e, portanto, ao ciclo de variação das marés. As variações diárias de intensidade de luz (dia/ noite) determinam, também, movimentos de migração vertical de inúmeras espécies, desde o zooplâncton até peixes maiores, como o bacalhau e o arenque. A intensidade de luz é ainda fundamental para a sobrevivência larval na medida em que influencia os processos de produção primária e, assim, de abundância fitoplanctônica.

A turbidez da água, por sua vez, é uma variável ambiental diretamente associada à penetração e absorção da luz. Na pesca da albacora com rede de emalhar, por exemplo, em função da visibilidade da rede, os índices de captura geralmente aumentam na mesma proporção da turbidez. Por limitar a penetração da luz, a turbidez interfere diretamente também nos processos de produção primária, tornando-se este aspecto mais importante quanto maior for a proximidade da costa e das desembocaduras de rios, devido à grande quantidade de material em suspensão nesses locais. A quantidade de material em suspensão e a consequente turbidez da água interferem, também, diretamente, na reprodução e crescimento dos corais.

Outra variável ambiental que exerce forte influência na distribuição dos animais aquáticos é o nível de concentração de oxigênio dissolvido. De uma maneira geral, os níveis de oxigênio dissolvido em regiões oceânicas são suficientemente elevados, não exercendo, portanto, uma grande influência no padrão de distribuição dos peixes, particularmente no domínio pelágico. No entanto, acredita-se que o nível de tolerância mínimo de oxigênio dissolvido para os grandes peixes pelágicos se situa em torno de 3,5 ml/l (Brill, 1994; Prince & Goodyear, 2006). Em determinadas áreas, contudo, situações de concentração crítica de oxigênio dissolvido podem ocorrer, como no caso da camada de mínimo oxigênio dissolvido, presente no fim da termoclina em alguns locais, particularmente em áreas de ressurgência costeira. No Golfo da Guiné, por exemplo, em profundidades de 150 a 200 m, a concentração de oxigênio dissolvido chega a alcançar níveis inferiores a 0,5 ml/l, ou 10% de saturação. A ocorrência eventual de uma ressurgência mais intensa nesta área pode resultar assim em uma mortalidade em massa de peixes, particularmente se a mesma ocorrer próximo à costa. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido são encontradas também perto do fundo, em áreas onde o sedimento apresenta teores elevados de matéria orgânica, particularmente após períodos de ventos mais fracos e consequentemente com uma



menor intensidade dos processos verticais de mistura da água.

A densidade da água do mar, por sua vez, depende da temperatura e da salinidade, sendo um fator determinante na circulação oceânica e na flutuabilidade dos organismos aquáticos, principalmente dos ovos e larvas.

Por fim, o pH, por ser um dos parâmetros que menor variação apresenta, situando-se em torno de 8, exerce uma influência relativamente limitada nos animais aquáticos. Nas últimas décadas, porém, em razão do aumento na concentração de gases causadores do efeito estufa pela queima de combustíveis fósseis, em particular do gás carbônico, tem havido uma tendência de acidificação dos oceanos, em razão do CO<sub>2</sub> se combinar com a molécula da água formando o ácido carbônico. Uma possível consequência desse processo de acidificação é o branqueamento dos corais e uma dificuldade maior para o crescimento dos organismos que dependem do carbonato de cálcio para formarem as suas carapaças, já que a solubilidade dessa substância aumenta na mesma proporção em que se reduz o pH, **ex:** aumenta a acidez (Ver capítulo: [Oceanografia biológica](#)).

## REFERÊNCIAS

- ABASCAL, F. J.; MEJUTO, J.; QUINTANS, M.; RAMOS-CARTELLE, A. **Horizontal and vertical movements of swordfish in the Southeast Pacific**. ICES J. Mar. Sci., 67: 466–474, 2010.
- ARAGÃO, J.A.N.; SILVA, K.C.; CINTRA, I.H. **Situação da pesca de camarões na plataforma continental amazônica**. Acta Fish. Aquat. Res. 3(2): 61-76. 2015.
- ASSAD, L.P.F.; MANO, M.F.; DECO, H.T.; TORRES-JUNIOR, A.R. **Noções básicas de modelagem hidrodinâmica computacional e de dispersão de poluentes**. Rio de Janeiro: COPPE/UF RJ, 2009. 126 p.
- BAKUN, A. **Report of the working group on environmental studies and monitoring**. In: Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San Jose, Costa Rica 18–29 april 1983. SHARP, G. D. and CSIRKE, J. (eds). FAO Fish. Rep., nº291. 1983.
- BEZERRA, N. P. A. **Biologia pesqueira dos tubarões martelo (*Sphyrna spp.*) no Oceano Atlântico Sudoeste e Equatorial**. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2017. 129 p.
- BOGRAD, S. J.; HAZEN, E.L.; HOWELL, E. A.; HOLLOWED, A.B. **The fate of fisheries oceanography: Introduction to the special issue**. Oceanography. 27(4):21–25, 2014. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2014.83>.
- BOYCE, D. G.; TITTENSOR, D.P.; WORM, B. **Effects of temperature on global patterns of tuna and billfish richness**. Mar. Ecol. Prog. Ser., 355, p. 267–276, 2008.
- BRILL, R. **A review of temperature and oxygen tolerance studies of tunas pertinent to fisheries oceanography, movement models and stock assessments**. Fisheries Oceanography. 3 (3): 204-216, 1994. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.1994.tb00098.x>
- CAMPOS, E. J. D.; VELHOTE, D.; SILVEIRA, I. C. A. **Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders**. Geophysical Research Letters, 27(6): 751-754, 2000.
- CAREY, F. G.; ROBISON, B. H. **Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry**. Fish. Bull., 79, 277–292, 1981.
- CARVALHO, F.; MURIE, D.; HAZIN, F. H.V.; HAZIN, H.; LEITE-MOURATO, B. and BURGESS, G. **Spatial predictions of blue shark CPUE and catch probability of juveniles in the Southwest Atlantic**. ICES J. Mar. Sci., 68(5): 901-910, 2011.
- COELHO, R.; FERNANDEZ-CARVALHO, J.; SANTOS, M. N. **Habitat use and diel vertical migration of bigeye thresher shark: Overlap with pelagic longline fishing gear**. Marine Environmental Research, 112: 91-99, 2015. [doi:10.1016/j.marenvres.2015.10.009](https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.10.009)
- COELHO, R.; MEJUTO, J.; DOMINGO, A. et al. **Distribution patterns and population structure of the blue shark (*Prionace glauca*) in the Atlantic and Indian Oceans**. Fish and Fisheries 19:90–106, 2017.
- COIMBRA, M. R. M. **Proposed Movements of albacore (*Thunnus alalunga*) in the South Atlantic Ocean**. Iccat Collective Volume of Scientific Papers, Espanha, v. 49, n.4, p. 97-136. 1999.
- CRESPO-NETO, O. **Utilização de habitat e movimentos migratórios do Agulhão Negro (*Makaira nigricans*) no oceano Atlântico Sul**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2016. 60 p.
- DOTY, M. S.; OGURI, M. **The island mass effect**, J. Conseil Perm. Int. Ex. Mer., 22, 33 – 37, 1956.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals.** FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome, 2018. 227p.

FRÉON, P.; MISUND, O.A. **Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment.** First Edition, Science, B.S. Fishing News Books, Oxford. 1999.

GOVE, J.; MCMANUS, M.; NEUHEIMER, A. et al. **Near-island biological hotspots in barren ocean basins.** Nat Commun 7, 10581. 2016. <https://doi.org/10.1038/ncomms10581>.

HAZIN, F. H. V. **Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks, in the southwestern equatorial Atlantic Ocean.** D.Sc. Thesis. Tokyo University of Fisheries. 1993.

HAZIN, F. H. V.; ZAGAGLIA, J. R.; BROADHURST, M. K.; TRAVASSOS, P. E. P. F.; BEZERRA, T. R. Q. **Review of a small-scale pelagic longline fishery off northeastern Brazil.** Marine Fisheries Review, EUA, v. 60, n.3, p. 1-8, 1998.

HAZIN, F. H. V.; PEREZ, J. A.; TRAVASSOS, P. **Nossas riquezas no mar - Recursos Vivos.** In: Carlos Frederico Simões Serafim; Paulo de Tarso Chaves. (Org.). Geografia: o mar no espaço geográfico brasileiro, Coleção explorando o ensino. 1ed. Brasília: Ministério da Educação, 2005, v. 8, p. 135-159. 2005.

HAZIN, H. G.; ERZINI, K. **Assessing swordfish distribution in the South Atlantic based on spatial predictions.** Fish. Res., 90: 45-55. 2008.

KIHARA, K.; SHIMADA, A. M. **Prey-predator interactions of walleye pollock *Theragra chalcogramma* and water temperature.** Nippon Suisan Gakkaishi, 54(7): 1131-1135. 1988.

HOLLAND, K. N.; GRUBBS, R.D. **Fish Visitors to Seamounts: Tunas and Billfish at Seamounts.** Chapter 10 Section A. p 189-201 in Pitcher, T.J., Morato, T., Hart, P.J.B., Clark, M.R., Haggan, N. and Santos, R.S. (eds) Seamounts: Ecology, Conservation and Management. Fish and Aquatic Resources Series, Blackwell, Oxford, UK. 2007.

LAEVASTU, T.; HAYES, M. L. **Fisheries Oceanography and Ecology.** Fishing News Books Ltd. London. 1981. 200 p.

LAEVASTU, T.; HELA, I. **Fisheries Oceanography.** Fishing News Books Ltd. London. 1970. 238 p.

LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. **Biological Oceanography - an Introduction.** Pergamon Press. Oxford. 1993. 301 p.

LANA, F.O. **Morfologia, identificação molecular e movimentação do tubarão lombo-preto, *Carcharhinus falciformis* (Bribon, 1939), no Atlântico oeste tropical.** Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. 2016. 175 p.

LITVINOV, F. **Fish Visitors to Seamounts: Aggregations of Large Pelagic Sharks Above Seamounts.** Chapter 10 Section

B. p 203-206 in Pitcher, T.J., Morato, T., Hart, P.J.B., Clark, M.R., Haggan, N. and Santos, R.S. (eds) Seamounts: Ecology, Conservation and Management. Fish and Aquatic Resources Series, Blackwell, Oxford, UK. 2007.

LOPES, R.M.; KATSURAGAWA, M.; DIAS, J.F.; MUELBERT, J.H.; MONTÚ, M.A.; GORRI, C.; BRANDINI, F.P. **Zooplankton and ichthyoplankton distribution in the southern Brazilian shelf: an overview.** Scientia Marina, 70, 189–202, 2006. <https://doi.org/10.3989/scimar.2006.70n2189>

MARTINS, R.S.; CAMARGO, R.; GASALLA, M.A. **The São Paulo shelf (SE Brazil) as a nursery ground for *Doryteuthis plei* (Blainville, 1823) (Cephalopoda, Loliginidae) paralarvae: a Lagrangian particle-tracking Individual-Based Model approach.** Hydrobiologia, 725, 57–68. 2014. <https://doi.org/10.1007/s10750-013-1519-4>

MATSUURA, Y.; SPACH, H.L.; KATSURAGAWA, M. **Comparison of spawning patterns of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) and anchoita (*Engraulis anchoita*) in Ubatuba region, southern Brazil during 1985 through 1988.** Bolm Inst. Oceanogr. 40, 101–115. 1992. <http://dx.doi.org/10.1590/S0373-55241992000100009>

MONTERRAT, F.; GUILHON, M.; CORRÊA, P.V.F.; et al. **Deep-sea mining on the Rio Grande Rise (Southwestern Atlantic): a review on environmental baseline, ecosystem services and potential impacts.** Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, Oxford, v. 145, p. 31-58, 2019.

MOURATO, B. **Padronização da captura por unidade de esforço de espadarte, *Xiphias gladius* L., 1758 e de tubarão-azul, *Prionace glauca* (L., 1758) capturados pela frota atuneira brasileira no oceano atlântico.** Instituto de Pesca. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca. 2007. 91 p.

MOURATO, B.; AMORIM, A. F.; ARFELLI, C. A.; HAZIN, F. H. V.; HAZIN, H. G.; CARVALHO, F. C. **Influence of environmental, spatial and temporal factors on blue shark, *Prionace glauca*, catch rate in the southwestern Atlantic Ocean.** Arquivos de Ciências do Mar, 41: 34–46. 2008.

MOURATO, B. L.; HAZIN, F.; BIGELOW, K.; MUSYL, M.; CARVALHO, F.; HAZIN, H. **Spatio-temporal trends of sailfish, *Istiophorus platypterus* catch rates in relation to spawning ground and environmental factors in the equatorial and southwestern Atlantic Ocean.** Fisheries Oceanography 23:32–44. 2014a.

MOURATO, B. L.; CARVALHO, F.; MUSYL, M.; AMORIM, A.; PACHECO, J. C.; HAZIN, H.; HAZIN, F. **Short-term movements and habitat preferences of sailfish, *Istiophorus platypterus* (Istiophoridae), along the southeast coast of Brazil.** Neotropical Ichthyology 12:861–870. 2014b.

MOURATO, B. L.; NARVAEZ, M.; AMORIM, A. F.; HAZIN, H.; CARVALHO, F.; HAZIN, F.; AROCHA, F. **Reproductive biology and**

- space–time modelling of spawning for sailfish *Istiophorus platypterus* in the western Atlantic Ocean.** Marine Biology Research, 14(3), 269–286. 2018.
- ODEBRECHT, C.; GARCIA, V. M. T. Phytoplankton. In: Seeliger, U.; Odebrecht, C. and Castello, J. P. (eds.). 1997. **Subtropical Convergence environments.** The coast and sea in the southwestern Atlantic. Springer: Germany. 1997. 308 p.
- OLSON, D. B.; PODESTÁ, G. P.; EVANS, R. H.; BROWN, O. B. **Temporal variations in the separation of Brazil and Malvinas currents.** Deep-Sea Research, (35)12: 1971-1990. 1988.
- OLSON, D. B.; HITCHCOCK, G. L.; MARIANO, A. J.; ASHJIAN, C. J.; PENG, G.; NERO, R. W.; PODESTÁ, G. P. **Life on the edge: marine life and fronts.** Oceanography 7:52–60. 1994.
- PELLIZZARI, F.; BORZONE, C.; PEZZUTO, P.; ZEHNDER-ALVES, L. **The contribution of microphytobenthos for scallop *Euvola ziczac* (Bivalvia: Pectinidae) feeding in a shallow area of the south-eastern Brazilian continental shelf.** Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 85(4), 961–967. 2005.
- PICKARD, G. L.; EMERY, W. J. **Descriptive Physical Oceanography—an Introduction.** Pergamon Press. Oxford. 1990. 320 p.
- PINET, P.R. 2014. **Invitation to Oceanography.** 7a edição. Jones & Bartlett. Learning. 662 p.
- PRINCE, E.; GOODYEAR, P. **Hypoxia-based habitat compression of tropical pelagic fishes.** Fisheries Oceanography. 15(6): 451-464. 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2005.00393.x>
- ROGERS, A. D. **The biology of seamounts.** in Advances in Marine Biology. Academic Press Ltd. London. 305-350. 1994.
- SANTOS, R. A.; HAIMOVICI, M. **Cephalopods in the trophic relations off southern Brazil.** Bulletin of Marine Science, 71(2): 753–770. 2002.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia Animal.** Ediciones Omega S.A. Barcelona. 1976. 499 p.
- STRAMMA, L.; ENGLAND, M. **On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean.** J. Geophys. Res., 104(9): 20863-20883. 1999.
- TCHERNIA, P. **Descriptive Regional Oceanography.** Pergamon Press. Oxford. 1980. 253 pp. 19 plates.
- TOLOTTI, M.T.; BAUER, R; FORGET, F.; BACH, P; DAGORN, L.; TRAVASSOS, P., 2017. **Fine-scale vertical movements of oceanic whitetip sharks (*Carcharhinus longimanus*).** Fishery Bulletin, v. 115, p. 380-395, 2017.
- TRAVASSOS, P. 1999a. **Anomalies thermiques et pêche du germon (*Thunnus alalunga*) dans l’Atlantique tropical sud-ouest.** Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 49 (4): 324-338.
- TRAVASSOS, P. L’étude des relations thons-environnement dans l’océan Atlantique intertropical ouest: cas de l’albacore (*Thunnus albacares*, Bonnaterra 1788), du germon (*Thunnus alalunga*, Bonnaterra 1788) et du thon obèse (*Thunnus obesus*, Lowe 1839). **Tese de doutorado apresentada ao Programa de Doutorado em Oceanografia Biológica e Ambientes Marinhos, Université Pierre et Marie Curie, França, 1999b.** 323 p.
- TRAVASSOS, P.; HAZIN, F.H.V; ZAGAGLIA, J.R.; ADVINCULA, R.; SCHOBER, J. **Thermohaline structure around seamounts and islands of Northeast Brazil.** Archive of Fishery and Marine Research, Stuttgart, v. 47, n.2/3, p. 211-222, 1999.
- TRAVASSOS, P.; PEREIRA, A. DE A.; TOLOTTI, M.T. **Comportamento da albacora laje *Thunnus albacares* (Bonnaterra 1788).** In: Danielle de Lima Viana; Fábio Hissa Vieira Hazin; Marco Antonio Carvalho de Souza (CT/Marinha do Brasil). (Org.). O arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica. 1ed. Brasília: SECIRM/Marinha do Brasil, v. 1, p. 235-243. 2009.
- TRAVASSOS, P.; PEREIRA, A. DE A.; TOLOTTI, M.T. **A ocupação do habitat pelágico oceânico do arquipélago de São Pedro e São Paulo pela albacora laje (*Thunnus albacares* BONNATERRE 1738).** In: Luciano J. F. Ximenes. (Org.). Ciência e tecnologia para aquicultura e pesca no Nordeste- Série BNB Ciência e Tecnologia. 1ed.Fortaleza: Banco do Nordeste, v. 8, p. 115-136. 2011.
- WENG, K.C.; BLOCK, B.A. **Diel vertical migration of the bigeye thresher shark (*Alopias superciliosus*) a species possessing orbital retina mirabilia.** Fish. Bull. 102, 221-229. 2004.
- WHITE, M.; BASHMACHNIKOV, I.; ARÍSTEGUI, J.; MARTINS, A. **Physical Processes and Seamount Productivity. In Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation, Chapter 4.** Book Editor(s): Tony J. Pitcher, Telmo Morato, Paul J. B. Hart, Malcolm R. Clark, Nigel Haggan, Ricardo S. Santos. 2007. <https://doi.org/10.1002/9780470691953.ch4>
- WOOSTER, W.S. **Fisheries Oceanography. Scripps Institution of Oceanography University of California, La Jolla, California, California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations, Reports, Volume 8,** p. 73-74. 1961.

# O ORDENAMENTO PESQUEIRO BRASILEIRO, COMPETÊNCIA E INSTRUMENTOS DE GESTÃO

11

Ana Sílvia Costa SILVINO  
Fábio Hissa Vieira HAZIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco - URFPE



## 1. DEFINIÇÕES E CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pesca, desde a antiguidade, tem sido uma importante fonte de alimento para a humanidade. Com o aumento do conhecimento e a evolução da dinâmica das pescarias, porém, constatou-se que os recursos naturais não eram infinitos, sendo necessário, portanto, explorá-los de forma sustentável, para manter a segurança alimentar, econômica e social de uma população em constante crescimento.

A partir da década de 1950, em resposta ao aumento da demanda mundial de pescado, o setor pesqueiro apresentou uma crescente evolução, com frotas mais modernas e com maior poder de pesca, resultando em um aumento acelerado da produção até o início da década de 1990. De valores próximos a 15 milhões de toneladas, em meados da década de 1940, a produção mundial de pescado saltou para cerca de 80 milhões, em 1990, um aumento de mais de cinco vezes. A partir de então, porém, a produção se estabilizou, passando a oscilar em torno de 80 milhões de t/ano, com média entre 1985 e 2018 igual a 81 milhões. Em 2018, último ano com estatísticas disponíveis, o valor cresceu um

pouco, para 84,5 milhões de toneladas, contra 81,2 capturadas no ano anterior (FAO, 2020). Apesar da relativa estagnação da produção pesqueira mundial pela pesca extrativa, a mesma continua sendo uma atividade com grande relevância econômica, social e cultural (CEMBRA, 2020).

Segundo a FAO, cerca de 2/3 dos estoques pesqueiros mundiais se encontravam, em 2017, plenamente explorados ou subexplorados, enquanto um terço estava sobrepescado. Com o aprimoramento dos mecanismos de gestão pelas Organizações Regionais de Ordenamento Pesqueiro e pelos países desenvolvidos, porém, cada vez mais o problema da sobreexploração dos estoques pesqueiros tem se tornado um problema dos países em desenvolvimento, em razão de suas deficiências de infraestrutura e de recursos humanos e financeiros. O Brasil não é uma exceção nesse quadro. Segundo o Programa REVIZEE<sup>1</sup>, a despeito do limitado potencial pesqueiro, determinado pela prevalência de condições oceanográficas pouco propícias ao suporte de grandes biomassas, o país possui um histórico de sobrepesca e insuficiência

1. Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva- REVIZEE

na gestão e na fiscalização da atividade pesqueira (BRASIL, 2006, p. 9). Ao longo da última década, particularmente, a situação da gestão pesqueira nacional se deteriorou de forma marcante em razão da elevada fragilidade institucional que resultou, entre tantas outras consequências negativas, no desmonte do sistema nacional de estatística pesqueira, inviabilizando o necessário planejamento e ordenamento da atividade pesqueira.

No enquadramento jurídico brasileiro, ordenamento pesqueiro é definido como o “conjunto de normas e ações que permitem administrar a atividade pesqueira, com base no conhecimento atualizado dos seus componentes biológico-pesqueiros, ecossistêmico, econômicos e sociais” (BRASIL, 2009, inciso XII, Art. 2º). Essa definição estabelecida pela Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009<sup>2</sup>, chamada de Lei Geral da Pesca ou Lei da Pesca, contempla as recomendações internacionais para gestão sustentável dos recursos pesqueiros, especialmente as emanadas pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura- FAO (da sigla em inglês, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*)<sup>3</sup>. Essa definição de ordenamento pesqueiro está diretamente relacionada, por sua vez, com a definição de atividade pesqueira, conceituada, de forma ampla, na Lei da Pesca, como “todos os processos de pesca, exploração e exploração, cultivo<sup>4</sup>, conservação, processamento, transporte, comercialização e pesquisa dos recursos pesqueiros” (BRASIL, 2009, Art. 4º).

Do ponto de vista legal, portanto, o ordenamento pesqueiro não está afeito apenas à edição de atos normativos e regulamentos; mas, ao conjunto das ações necessárias à gestão dos recursos pesqueiros, considerando-se toda a cadeia produtiva da pesca, bem como os pilares do desenvolvimento sustentável de qualquer atividade econômica. Segundo a FAO (1999), ordenamento pesqueiro é o processo integrado de coleta de informações, análise, planejamento, consulta, tomada de decisão, alocação de recursos e formulação e implementação, bem como imposição, quando necessário, de regulamentos ou normas que regem as atividades pesqueiras, para garantir a produtividade dos recursos e o alcance de outros objetivos.

Apesar de não ser uma tarefa fácil, as recomendações internacionais, que têm como principal instrumento o Código de Conduta para uma Pesca Responsável (CCPR), aprovado em 1995, apresentam diretrizes técnicas que facilitam a aplicação do ordenamento pesqueiro, o denominado enfoque ecossistêmico ou abordagem ecossistêmica (*Ecosystem Approach to Fisheries* - EAF). A Abordagem Ecossistêmica na Gestão Pesqueira (AEGP)<sup>5</sup>, consagrada no ordenamento pesqueiro brasileiro<sup>6</sup>, é o meio para dar cumprimento a muitas das disposições do CCPR e constitui uma forma de assegurar o desenvolvimento sustentável da pesca. A AEGP expande o domínio da Gestão convencional, focada

**2.** Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei nº 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências.

**3.** Em especial, a CNUDM- Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar- aprovada em 1982 e em vigor desde 1994, que proporcionou um novo marco no direito internacional para ordenar os recursos pesqueiros marinhos; o Acordo de implementação da CNUDM sobre espécies transzonais e altamente migratórias (Acordo de Nova Iorque), adotado em 1995 e em vigor desde 2011, e o Código de Conduta para a Pesca Responsável, aprovado pela FAO, em 1995, que apresenta um conjunto de diretrizes para o desenvolvimento da atividade pesqueira, com base no uso sustentável dos recursos.

**4.** Cultivo corresponde a atividade de aquicultura. Contudo, o objeto do presente trabalho se restringe às atividades pesqueiras diretamente relacionadas com a pesca, excluindo a aquicultura.

**5.** O principal documento de diretrizes sobre a AEGP é a publicação da FAO *Fisheries Management – 2. The Ecosystem Approach to Fisheries*, integrada na série das Diretivas Técnicas da FAO para Pescarias Responsáveis, que visam clarificar a implementação do CCPR.

**6.** Conforme a definição de ordenamento pesqueiro, inciso XII do Art. 12, bem como nas disposições constantes no Art. 1º; no §1º do Art. 3º, no Art. 5º e no Art. 7º, da Lei nº 11.959, de 2009.

em espécies-alvo da pescaria, para incorporar todos os organismos que são ou podem ser capturados ou afetados pela pesca, além do ecossistema e dos componentes econômico, social e institucional da pesca, ou seja, a dimensão “humana” do mesmo ecossistema. A aplicação da AEGP se amplia com o cumprimento da conscientização da importância da relação entre a existência dos recursos pesqueiros e os ecossistemas em que vivem, além dos múltiplos objetivos e valores da pesca no desenvolvimento sustentável do país<sup>7</sup>.

Em recente publicação, a FAO (2020) reiterou que todos os ecossistemas aquáticos devem ser avaliados e manejados com base na abordagem ecossistêmica e que, dadas as pressões de subsistência e segurança alimentar em muitas regiões em desenvolvimento, os desafios da sustentabilidade precisam ser enfrentados com medidas que vão além das metas de proteção, sendo o manejo a melhor conservação. Na prática, contudo, a aplicação efetiva da AEGP no Brasil requer a ampliação das práticas atuais para gestão das pescarias, com base na boa governança, incluindo a necessidade de gerar informações contínuas e fidedignas com adequado monitoramento da atividade (estatística pesqueira),

e participação efetiva dos diversos atores envolvidos no processo (gestão participativa).

Assim, um efetivo ordenamento pesqueiro requer a plena participação de todas as partes interessadas, de forma a resgatar a boa governança e a capacidade de articulação do conjunto das políticas de uma sociedade, para equilibrar os diversos objetivos sociais, econômicos e ambientais, aplicando à pesca uma abordagem integrada dentro dos limites ecológicos adequados, como exigido pela AEGP e pelo CCPR.

## 2. COMPETÊNCIA PARA GESTÃO INSTITUCIONAL DA PESCA BRASILEIRA

Os recursos pesqueiros<sup>8</sup>, assim como os mares e rios, são bens públicos classificados como de uso comum do povo ou de domínio público, sendo destinados ao uso de todos os indivíduos. Devido à multiplicidade de seus usos como recursos naturais, o Estado deve estabelecer um regime especial para sua utilização, sujeitando-a à autorização específica do Estado, com normas e limitações administrativas próprias.

**7.** No Brasil, identifica-se algumas tentativas de aplicação da abordagem ecossistêmica, para estabelecer determinados atos normativos, regulamentos ou acordos de pesca, por vezes, denominadas de gestão compartilhada. Como por exemplo, cite-se: (i) os extintos Comitês Permanentes de Gestão do Sistema de Gestão Compartilhada para Uso Sustentável dos Recursos Pesqueiros, instituído pelo Decreto nº 6.981, de 13.10.2009, que, apesar da sua importância e oportunidade, não tiveram seu pleno funcionamento ao ponto de elaborar de forma participativa Planos de Gestão para as pescarias, objeto principal desses fóruns; (ii) as Reservas extrativistas e Reservas de Desenvolvimento Sustentável, unidades de conservação de uso sustentável, instituídas pela Lei nº 9.985, de 18.07.2000; e (iii) os acordos de pesca, realizados entre pescadores, ribeirinhos e demais usuários com objetivo de regular a pesca nos rios e lagos, regulamentados pela Instrução Normativa IBAMA nº 29, de 31.12.2002. Apesar desses exemplos, apenas recentemente (2018-2020), no âmbito do Projeto FAO REBYC II – LAC (Manejo projeto Manejo Sustentável da Fauna Acompanhante na Pesca de Arrasto na América Latina e Caribe), a AEGP foi aplicada de forma inédita, para construir propostas de Planos de Gestão da Pesca de Camarões no Brasil, a serem aprovadas e publicadas pelo governo federal brasileiro. Esse projeto capacitou cerca de 100 gestores, pesquisadores ou representantes do setor pesqueiro na aplicação da AEGP. Realizou mais de 70 Oficinas Participativas (locais, estaduais e regionais), que abrangeram mais de 150 comunidades pesqueiras, com a participação direta de aproximadamente 2.000 atores, incluindo representantes do setor pesqueiro, dos órgãos governamentais e não governamentais das três esferas de governo, diretamente ou indiretamente relacionados com a pesca, além de pesquisadores de instituições federais e estaduais, dos 14 (quatorze) estados abrangidos pelo Projeto - Pará, Maranhão, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina.

**8.** Entende-se como recursos pesqueiros os animais e os vegetais hidróbios passíveis de exploração, estudo ou pesquisa pela pesca amadora, de subsistência, científica, comercial e pela aquicultura, conforme disposto no inciso I, do art. 2º da Lei 11.959, de 2009.

O ordenamento jurídico brasileiro, portanto, garante o direito de pesca, desde que praticado sob autorização do órgão competente e respeitadas as limitações impostas pela legislação específica. Ou seja, tratando-se de bem de uso comum, os recursos pesqueiros estão abertos à livre utilização pelas pessoas, desde que respeitadas as condições preestabelecidas pelas normas de proteção ambiental<sup>9</sup>. Segundo a ordem jurídico-constitucional brasileira, é o Poder Legislativo quem estabelece, altera ou extingue direitos, ao passo que ao Poder Executivo compete regulamentar tal regramento, de forma a dispor sobre o modo de agir dos órgãos administrativos, inclusive os critérios e procedimentos para acesso ou restrição aos recursos pesqueiros.

Desta forma, considerando-se que a licitude do exercício da pesca é condicionada ao respeito às condições e restrições estabelecidas no ordenamento pesqueiro, é imprescindível se identificar, prioritariamente, a quem compete a gestão da pesca brasileira. Para tanto, apresenta-se, a seguir, como a pesca está condita no ordenamento brasileiro, com base na Constituição Federal; para, por conseguinte, apresentar a Política Nacional de Desenvolvimento da Pesca e os seus instrumentos de gestão regulamentados, os quais constituem o panorama do ordenamento pesqueiro brasileiro.

### 2.1. Competência constitucional

Segundo a ordem jurídico-constitucional vigente, o Brasil tem o federalismo como forma de Estado Democrático de Direito, composto pela união indissolúvel dos estados e municípios e do Distrito Federal<sup>10</sup>, dotados de autonomia<sup>11</sup>, a qual pressupõe repartição de competências legislativa e administrativa (BRASIL, 1988). A Carta Magna de 1988, estabelece as matérias próprias de

cada um dos entes federativos, União, Estados-membros, Distrito Federal e Municípios; sendo a “predominância do interesse” o princípio geral que norteia a repartição de competência. Ou seja, à União e ao Distrito Federal competem as matérias de predominante interesse geral; aos Estados-membros, as matérias de predominância de interesse regional; e aos Municípios, as de interesse local. De uma forma geral, as competências federativas são parcelas atribuídas constitucionalmente aos entes federados, permitindo-lhes tomar decisões, no exercício regular de suas atividades. O exercício harmônico dessas atribuições é responsável pela manutenção do pacto federativo, visto que a União promove, dentro da autonomia de cada ente federativo, o desenvolvimento através da descentralização.

A pesca, especificamente, é objeto da competência legislativa concorrente (Constituição Federal de 1988, Art. 24, VI); e da competência administrativa comum (Art. 23, VI e VII), no que tange a proteção do meio ambiente e a preservação da fauna. A competência normativa concorrente para pesca, instituída constitucionalmente, é devidamente acolhida na Lei nº 11.959, de 2009, atribuindo, de forma suplementar, aos Estados e ao Distrito Federal o ordenamento da pesca nas águas continentais de suas respectivas jurisdições, podendo o exercício da atividade ser restrita a uma determinada bacia hidrográfica (BRASIL, 2009, Art. 3º, §2º).

No campo da competência material, de natureza administrativa (e não legislativa), a proteção do meio ambiente e a preservação da fauna são competências comuns à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios. Os Municípios, porém, não estão inseridos na competência legislativa concorrente, ficando restritos à atuação de natureza administrativa, executora, em defesa do meio ambiente. Assim, a prerrogativa do Município poder legislar sobre proteção do ambiente no que for de interesse local, suplementando a legislação

9. Gomes, Luís Roberto. Crimes de Pesca. Curitiba: Juruá, 2011.

10. Vide art. 1º da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

11. Vide art. 18 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.



federal e estadual, para atender às necessidades e peculiaridades municipais, não se estende à pesca<sup>12</sup>.

No Brasil, considerando-se suas dimensões e diversidade de espécies e pescarias, o exercício da competência suplementar estadual se reveste de significativa importância para garantir políticas públicas de pesca que reconheçam as especificidades locais. A competência normativa para editar normas relativas à pesca, portanto,

é concorrente, cabendo à União a edição de normas gerais e aos Estados e ao Distrito Federal a edição de normas suplementares, relativamente ao ordenamento pesqueiro nas águas de suas respectivas circunscrições. No campo da competência material, de natureza administrativa (e não legislativa), a proteção do meio ambiente e a preservação da fauna são competências comuns à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios (Tab. 11.1).

**Tabela 11.1** Competência Constitucional Normativa e Administrativa da Pesca.

TEMA/ARTIGOS DA CF	DESCRIÇÃO
Competência normativa concorrentemente para legislar sobre a pesca.	Art. 24. Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre: ..... VI- florestas, caça, <b>pesca</b> , fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição; .....
Competência comum da União, dos Estados e do Distrito Federal para proteger o meio ambiente (competência material – administrativa).	Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: ..... VI- <b>proteger o meio ambiente</b> e combater a poluição em qualquer de suas formas; .....
Competência comum da União, dos Estados e do Distrito Federal para preservar a fauna (Competência material – administrativa).	Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: ..... VII- preservar as florestas, a <b>fauna</b> e a flora; .....

No campo ambiental, ressalta-se que a nossa Carta Magna, foi inovadora, ao dispor sobre a proteção do ambiente de forma ampla, direta e específica, estatuidando princípios ambientais básicos<sup>13</sup>, ao estabelecer que *“todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”*. (BRASIL, 1998, Capítulo VI, Art.225).

De forma específica, a Constituição Federal de 1988 prevê que o pescador artesanal, bem como os respectivos cônjuges, que exerça suas atividades em regime de economia familiar, sem empregados permanentes, contribuirão para a seguridade social mediante a aplicação de uma alíquota sobre o resultado da comercialização da produção e farão jus aos benefícios nos termos da lei (Art.195, §8º). Assegura, também, a aposentadoria no regime geral de previdência do pescador artesanal, com 60 anos

**12.** Gomes, Luís Roberto. Crimes de Pesca Crimes da Pesca. op. cit.,p.59.

**13.** Gomes, Luís Roberto. Crimes de Pesca Crimes da Pesca. op. cit.,p.76.

de idade, se homem, e 55 anos de idade, se mulher (Art.201, §8º, II)<sup>14</sup>. No campo da livre associação, reconhece a Colônia de Pescadores como entidade profissional ou sindical (Art.8º, Parágrafo único).

## 2.2. Pesca na administração pública

Ao poder público compete a regulamentação da Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Atividade Pesqueira, conciliando o equilíbrio entre o princípio da sustentabilidade dos recursos pesqueiros e a obtenção de melhores resultados econômicos e sociais, conforme preceitua a Lei nº 11.959/2009 (BRASIL, 2009, Art. 3º).

Neste contexto, a Lei nº 13.844, de 18 de junho de 2019, estabelece que compete ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a política nacional pesqueira e aquícola, inclusive gestão do uso dos recursos e dos licenciamentos, das permissões e das autorizações para o exercício da aquicultura e da pesca (BRASIL, 2019, Inc. III, Art.21). Essa Lei, que trata da organização básica da Presidência da República e dos Ministérios, extingue a Secretaria Especial da Aquicultura e da Pesca da Secretaria- Geral da Presidência da República; inaugurando um novo cenário na competência para gestão dos recursos pesqueiros, retornando à competência administrativa para gestão dos recursos pesqueiro exclusivamente ao MAPA, depois de 30 anos, desde a extinção da Superintendência de Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE), em 1989.

A competência administrativa para pesca é caracterizada pela intensa busca de compatibilização entre polos tradicionalmente antagônicos – a proteção ambiental dos recursos pesqueiros e o desenvolvimento econômico. De um lado, a preservação ambiental é imperativo constitucional. Doutro, a pesca é atividade social de importância indiscutível, por ser relevante fonte de

alimentação e de lazer e por gerar riqueza, trabalho e emprego em diversas modalidades, cabendo à Administração Pública a missão de assegurar a sustentabilidade dessa atividade econômica, concomitantemente à proteção dos recursos naturais.<sup>15</sup>

Essa necessária compatibilização entre a proteção ambiental e o desenvolvimento econômico se transformou em uma disputa política institucional que durante 20 anos, entre 1997 e 2018, paralisou a gestão pesqueira nacional, acarretando prejuízos gravíssimos para o setor pesqueiro nacional e para a conservação das espécies diretamente exploradas ou afetadas pela pesca. Entre 1989 e 1997, a competência para a gestão institucional da pesca no país foi exclusiva do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). A partir daquele ano (1997), porém, parte da responsabilidade institucional pela gestão pesqueira nacional, relativa ao desenvolvimento e fomento da atividade (BRASIL, 1997), foi transferida para o então Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MA), atualmente Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Medida Provisória nº 1549-35, de 9 de outubro de 1997 (convertida na Lei nº 9.649, de 27 de maio de 1998), inaugurando o modelo “esquizofrênico” de gestão da pesca no país, com dupla personalidade jurídica. Em 1998, com a regulamentação dada pelo Decreto nº 2.681, de 31 de julho de 1998, foi criado o Departamento de Pesca e Aquicultura (DPA), no âmbito do MA, com funções, entre outras de formular políticas e normas, coordenar e apoiar institucionalmente o fomento da Pesca e da Aquicultura, mantendo com o IBAMA, contudo, a competência para o ordenamento e a fiscalização dos recursos pesqueiros. Essa fragmentação da competência para gerir os recursos pesqueiros, não surpreendentemente, desencadeou um grave conflito entre o IBAMA e o então MA, em virtude das diferentes interpretações quanto às suas

14. Redação dada pela Emenda Constitucional nº 103, de 2019.

15. Gomes, Luís Roberto. Crimes da Pesca. op. cit., p.63.

reais competências, conflito que perdurou até a reunificação dessa competência no MAPA, em 2019.

Em 2001, foi editada a Medida Provisória nº 2.216-37, de 31 de agosto de 2001, alterando a Lei nº 9.649, de 1998, de forma a ampliar as competências do MAPA. Essa Medida Provisória estabeleceu que no exercício da competência relativa ao fomento à pesca, o MAPA deverá, entre outras, organizar e manter o Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP); e, no campo específico do ordenamento pesqueiro, estabelecer medidas que permitam o aproveitamento sustentável dos recursos pesqueiros altamente migratórios e dos que estejam subexplorados ou inexplorados. Cabendo ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), fixar as normas, critérios e padrões de uso para as espécies sobreexploradas ou ameaçadas de sobreexploração, assim definidas com base nos melhores dados científicos existentes.

Com a edição da Medida Provisória nº 103, em 1º de janeiro de 2003, transformada na Lei nº 10.683 de 28 de maio de 2003, foi criada a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, vinculada à Presidência da República (SEAP/PR), incorporando, porém, as mesmas competências de ordenamento pesqueiro atribuídas ao MAPA em conjunto com o MMA. À SEAP/PR competia, portanto, normatizar e estabelecer medidas que permitissem o aproveitamento sustentável dos recursos pesqueiros altamente migratórios e dos que estivessem subexplorados ou inexplorados, enquanto ao MMA/IBAMA, além das suas competências intrínsecas de caráter ambiental, cabia a competência para fixar as normas, critérios e padrões de uso para as espécies sobreexploradas ou ameaçadas de sobreexploração, assim definidas com base nos melhores dados científicos.

Em 2007, registra-se o desmembramento do IBAMA, dando origem ao Instituto Chico Mendes de

Conservação da Biodiversidade (ICMBio), também autarquia vinculada ao MMA e integrante do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama)<sup>16</sup>, que passou a ser responsável pela gestão das Unidades de Conservação Federais- como Parques Nacionais, Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental, entre outras- atuando também na normatização, licenciamento e fiscalização no âmbito destes territórios, conforme Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007; restando ao IBAMA, as competências de fiscalização e licenciamento ambiental. Neste momento, o setor pesqueiro, no âmbito das Unidades de Conservação, passou a ter que observar também o regramento específico de um terceiro Órgão, o ICMBio, sempre que a pesca ocorria dentro dos limites de alguma unidade de conservação.

Com a edição da Lei nº 11.958, de 26 de junho de 2009, a SEAP/PR foi transformada no Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), que abarcou parte da competência institucional antes atribuída a outros órgãos federais, além de outras em que atuava de modo concorrente ou complementar. Tais atribuições trouxeram consigo, além do estabelecimento e manutenção de rotinas administrativas próprias da atividade ministerial, a necessidade de atuação em sua área fim. Naquele momento, houve um significativo fortalecimento da estrutura institucional da gestão pesqueira brasileira, com reforço dos quadros do MPA, por meio da contratação de recursos humanos, por concurso público, e ampliação orçamentária.

Na prática, contudo, as dificuldades na gestão da atividade pesqueira, decorrentes da divisão de competências entre MMA e SEAP/PR foram amplificadas, gerando uma fragmentação dos atos normativos e uma enorme insegurança jurídica para os usuários que tiveram que observar a legislação editada por diferentes órgãos, com sobreposição de competências e agravamento das fragilidades no ordenamento da atividade pesqueira.

**16.** Criado pela Lei n 6.938, de 31.08.1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Em 2010, a estrutura regimental do ICMBio foi alterada, por meio do Decreto nº 7.353, de 4 de novembro, sendo criada a Coordenação-Geral de Espécies Ameaçadas, no âmbito da Diretoria de Conservação da Biodiversidade. Na prática, o ICMBio, além de atuar no âmbito das Unidades de Conservação e no fomento e execução de programas de educação ambiental, pesquisa, proteção, preservação e conservação da biodiversidade, passou a atuar oficialmente, também, na avaliação nacional do risco de extinção da fauna brasileira, estabelecendo a lista das espécies ameaçadas de extinção (incluído recursos pesqueiros), a ser publicada pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2010).

Em 2015, a crise que assolou o Brasil e o mundo trouxe a imediata necessidade de redução dos gastos públicos e o emagrecimento de estruturas governamentais, o que culminou na extinção do MPA, ao final daquele ano, e na consequente incorporação integral de suas competências de volta ao MAPA; passando a competência conjunta a ser exercida, então, entre o MAPA e o MMA. Posteriormente, foi publicado o Decreto nº 8.701 de 31 de março de 2016, que criou a Secretaria de Aquicultura e Pesca no âmbito da Estrutura Regimental do MAPA. No dia 20 de setembro do mesmo ano, foi publicado o Decreto nº 8.852/2016, aprovando nova Estrutura Regimental do MAPA, distribuindo algumas competências do extinto MAPA entre os seus demais órgãos específicos e singulares, tais como: sanidade pesqueira, certificação, fiscalização, estatística, pesquisa, infraestruturas, crédito, entre outros (BRASIL, 2016).

Em 02 de fevereiro de 2017, foi editada a Medida Provisória nº 768, por meio de emenda, inserindo a

Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP) no âmbito do Ministério da Indústria, Desenvolvimento, Comércio e Serviços (MDIC), a qual teve, porém, o seu prazo caducado, perdendo, assim, a validade. Em 13 de março de 2017, porém, por meio do Decreto nº 9.004, a SAP do MAPA foi transferida para o MDIC. A transferência, contudo, foi condicionada à publicação de ato interministerial do MAPA e do MDIC ou à publicação de Decreto com nova estrutura regimental do MDIC, o que nunca ocorreu (BRASIL, 2017).

Em maio de 2017, foi editada a Medida Provisória nº 782, de 31 de maio de 2017<sup>17</sup>, que trouxe para sua redação a alteração já realizada por meio do Decreto nº 9.004, de 2017. Na mesma data, foi editado o Decreto nº 9.067, de 2017<sup>18</sup>, que estabeleceu a SAP no âmbito do MDIC, cujos efeitos, porém, só entrariam em vigor no dia 20 de junho de 2017 (BRASIL, 2017). Na sequência, porém, a Medida Provisória nº 782, de 2017, foi convertida na Lei nº 13.502, de 1º de novembro de 2017<sup>19</sup>, que apresentou nova alteração na competência para Gestão Pesqueira, criando a Secretaria Especial da Aquicultura e da Pesca, vinculada novamente à Presidência da República (SEAP/PR).

Apesar da Lei nº 13.502, de 2017, ter entrado em vigor na data de sua publicação, seus efeitos quanto a criação da nova SEAP/PR passaram a vigorar somente no dia 27 de abril de 2018, após a edição do Decreto de Estrutura Regimental nº 9.330, de 5 de abril de 2018, que transferiu a SEAP/PR para a Secretaria-Geral da Presidência da República; e a consequente competência para fixar normas, critérios, padrões e medidas de ordenamento do uso sustentável dos recursos pesqueiros, ainda em conjunto com o MMA (BRASIL, 2018).

**17.** Objeto de diversos debates e judicializações, principalmente no âmbito político-institucional, sendo reiteradamente prorrogada.

**18.** Alterou o Decreto nº 8.917 de 29 de novembro de 2016, que aprova a Estrutura Regimental do MDIC e o Decreto nº 8.852 de 20 de setembro de 2016, que aprova a Estrutura Regimental do MAPA.

**19.** Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios; altera a Lei nº 13.334, de 13 de setembro de 2016; e revoga a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, e a Medida Provisória nº 768, de 2 de fevereiro de 2017.



**Figura 11.1** Histórico dos órgãos competentes para pesca (1962-2020).

Esse breve histórico demonstra a reiterada fragmentação das competências na gestão pesqueira brasileira (Fig. 11.1), que nos últimos 30 anos teve sua estrutura institucional bastante variada, com diversas entidades federais responsabilizando-se de forma sequencial ou sobreposta pelos assuntos dos recursos pesqueiros (FAO, 2006).

Finalmente, a partir de janeiro de 2019, o desenvolvimento, o fomento e o ordenamento da atividade pesqueira voltaram a ficar sob a égide do MAPA, ainda que a sua Estrutura Regimental e Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão tenham sido regulamentados somente em 2020, pelo Decreto nº 10.253, de 20 de fevereiro de

2020. Apesar da competência para gestão dos recursos pesqueiros ser atualmente atribuída a um único Órgão (MAPA), a atividade de pesca é dependente do meio ambiente. Além disso, em razão do seu potencial impacto no meio ambiente, pelo excesso de pesca, pela captura incidental de espécies ameaçadas, pela degradação do habitat, entre outros —é necessário se observar as regras editadas pelo MMA e suas autarquias vinculadas, em especial aquelas que impactam a pesca, tais como as que tratam da proibição de captura de espécies ameaçadas de extinção (**ex:** Portaria MMA nº 445/2014) e os regramentos afeitos à pesca no âmbito das Unidades de Conservação (**ex:** planos de manejo).

### 3. POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA PESCA

No Brasil, a política de ordenamento pesqueiro está materializada na Lei nº 11.959, de 2009, que dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei nº 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei nº 221, de 1967<sup>20</sup>, e dá outras providências. Editada pelo Poder Legislativo, esse marco legal no desenvolvimento sustentável da atividade pesqueira (Tab. 11.2), internaliza as recomendações internacionais mais atuais sobre a gestão da pesca, em especial às contidas no Código de Conduta para a Pesca Responsável (FAO, 1995).

A Lei Geral da Pesca contempla, em nove capítulos, os diferentes temas relacionados à atividade pesqueira brasileira, internaliza definições para o seu exercício, mantém os instrumentos de monitoramento e controle, atualiza os atos administrativos para o exercício da pesca, institui princípios que objetivam garantir a sustentabilidade das pescarias e adiciona os princípios da participação social e da abordagem ecossistêmica na gestão pesqueira (AEGP). Além disso, estabelece que o desenvolvimento sustentável da atividade pesqueira deverá se dar mediante:

**I** a gestão do acesso e uso dos recursos pesqueiros;

- II** a determinação de áreas especialmente protegidas;
- III** a participação social;
- IV** a capacitação da mão de obra;
- V** a educação ambiental;
- VI** a modernização e a construção da infraestrutura portuária de terminais portuários, bem como a melhoria dos serviços portuários;
- VII** a pesquisa dos recursos, técnicas e métodos pertinentes à atividade pesqueira;
- VIII** o sistema de informações;
- IX** o controle e a fiscalização e
- X** o crédito para fomento ao setor (Art.7º).

Desta forma, a Lei nº 11.959/2009, estabelece regras gerais baseadas na sustentabilidade e na participação social fundamentais ao estabelecimento de políticas públicas específicas para o desenvolvimento sustentável da pesca brasileira. Contudo, apenas o tema relativo ao Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP) foi devidamente regulamentado pelo Decreto nº 8.425, de 31 de março de 2015<sup>21</sup>, com alterações dadas pelos Decretos no 8.450, 8.467, ambos de 2015<sup>22</sup>, 8.967, de 23 de janeiro de 2017<sup>23</sup>, e 10.170, de 11 de dezembro de 2019<sup>24</sup>; restando, então, diversos outros temas sem regulamentação específica.

Na prática, o avanço alcançado pela Lei Geral da Pesca ainda não se encontra plenamente refletido

**20.** O Decreto-lei nº 221/1967 regulamentou a pesca brasileira por mais de 40 anos. Apesar da Lei nº 11.959/2009 ter revogado a maioria dos seus dispositivos, encontram-se, ainda, em vigor os artigos que tratam, especificamente, das taxas e serviços para operacionalização do Registro Geral da Atividade Pesqueira.

**21.** Regulamenta o parágrafo único do Art. 24 e o Art. 25 da Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009, sobre os critérios para inscrição no Registro Geral da Atividade Pesqueira e para a concessão de autorização, permissão ou licença para o exercício da atividade pesqueira.

**22.** Dispõem sobre alterações nos prazos de vigência.

**23.** Altera os Arts. 3º, 4º, 5º, 8º e revoga o inciso VIII do caput do Art. 2º, o Parágrafo único do Art. 3º; e o Parágrafo único do art. 4º, do Decreto 8.425, de 2015.

**24.** Altera o inciso II do Art. 8º e o §5º do Art. 8º, do Decreto nº 8.425, de 2015.

nas regulamentações vigentes, as quais, na maioria, foram publicadas no período anterior à sua edição. Todos os instrumentos legais que regulamentem a atividade pesqueira, porém, devem respeitar as regras gerais instituídas pela Lei nº 11.959/2009, de forma a conciliar o equilíbrio entre o princípio da sustentabilidade dos recursos pesqueiros e a obtenção de melhores resultados econômicos e

sociais, além de considerar as peculiaridades e as necessidades dos pescadores artesanais, de subsistência e da aquicultura familiar, visando a garantir sua permanência e continuidade (Art. 3º, §1º). Neste contexto, as regras gerais da política pesqueira, desde a definição de pesca até os instrumentos de monitoramento e controle previstos e existentes são abordadas a seguir.

**Tabela 11.2** Regramento Geral da Política de Desenvolvimento Sustentável da Pesca.

Ato Normativo	Objeto
Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009.	Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei no 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei no 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências.
Decreto-lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967.	Dispõe sobre a proteção e estímulos à pesca e dá outras providências.
Lei nº 7.643, de 18 de dezembro de 1987.	Proíbe a pesca de cetáceo nas águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.
Lei nº 11.699, de 13 de junho de 2008.	Dispõe sobre as Colônias, Federações e Confederação Nacional dos Pescadores, regulamentando o parágrafo único do art. 8º da Constituição Federal e revoga dispositivo do Decreto-Lei no 221, de 28 de fevereiro de 1967.
Lei nº 13.902, de 13 de novembro de 2019.	Dispõe sobre a política de desenvolvimento e apoio às atividades das mulheres marisqueiras.

### 3.1. Definições de pesca

Pesca, segundo a Lei nº 11.959/2009, é toda operação, ação ou ato tendente a extrair, colher, apanhar, apreender ou capturar recursos pesqueiros (Art. 2º, III). Considera-se recursos pesqueiros os animais e os vegetais hidróbios passíveis de exploração, estudo ou pesquisa pela pesca amadora, de subsistência, científica, comercial e pela aquicultura (Art. 2º, I).

A pesca, portanto, é classificada em comercial e não comercial. No âmbito da pesca comercial, encontra-se a pesca artesanal e industrial. No campo não comercial, encontram-se a pesca científica, amadora e de subsistência. A classificação da pesca artesanal

e industrial, por sua vez, é o ponto mais controverso da Lei Geral da Pesca. A pesca artesanal é classificada como pesca comercial, praticada diretamente por pescador profissional, de forma autônoma ou em regime de economia familiar, com meios de produção próprios ou mediante contrato de parceria, desembarcado, podendo utilizar embarcações artesanais de pequeno porte (Art.8º, I, a), caracterizadas como aquelas com arqueação bruta-AB<sup>25</sup> igual ou menor que 20 (vinte) (Art.10, § 1º, I). Esse amplo limite da embarcação de pequeno porte é considerado por técnicos, especialistas e muitos pescadores acima dos padrões da pesca artesanal brasileira.

**25.** Arqueação bruta (AB), com o termo em inglês *Gross Tonnage* (GT), é calculada com base no volume moldado de todos os espaços internos da embarcação, configurando-se como um valor adimensional relacionado com o volume interno total de uma embarcação, não sendo definido por qualquer unidade física de medida como o metro cúbico ou a tonelada.

Já a pesca industrial corresponde à pesca comercial, praticada por pessoa física ou jurídica, envolvendo pescadores profissionais, empregados ou em regime de parceria por cotas-partes, utilizando embarcações de pequeno, médio ou grande porte, com finalidade comercial (Art.8º, I, b); sendo consideradas como embarcações de médio porte aquelas com arqueação bruta - AB maior que 20 (vinte) e menor que 100 (cem) e a de grande porte, igual ou maior que 100 (cem) (Art.10, § 1º, I e II). A pesca industrial, portanto, também pode utilizar embarcação de pequeno porte, diferenciando-se da pesca artesanal, nesses casos, apenas pelo regime de trabalho ou quando exercida por pessoa jurídica.

Toda pessoa física, brasileira ou estrangeira residente no País que, licenciada pelo órgão público competente, exerce a pesca com fins comerciais, quer seja artesanal ou industrial, é considerada pescador profissional (Art. 2º, XXII).

A pesca não comercial é considerada científica, quando praticada por pessoa física ou jurídica, com a finalidade de pesquisa científica; amadora, quando praticada por brasileiro ou estrangeiro, com equipamentos ou petrechos previstos em legislação, tendo por finalidade o lazer ou o desporto; e de subsistência, quando praticada com fins de consumo doméstico ou escambo sem fins de lucro e utilizando petrechos previstos em legislação específica (Art.8º, II).

Para amplificar a controversa definição da pesca artesanal no ordenamento jurídico brasileiro, a legislação previdenciária<sup>26</sup> que já apresentava definição específica e distinta da Lei Geral da Pesca, sofreu alterações advindas do Decreto nº 8.424, de 31 de março de 2015, que regulamenta a Lei nº 10.779, de 25 de novembro de 2003, para dispor sobre a concessão do benefício de

seguro-desemprego, durante o período de defeso, ao pescador profissional artesanal que exerce sua atividade exclusiva e ininterruptamente. Para o regulamento previdenciário, Decreto nº 3.040, de 06 de maio de 1999, considera-se pescador artesanal aquele que, individualmente ou em regime de economia familiar, faz da pesca sua profissão habitual ou meio principal de vida, desde que:

- I não utilize embarcação; ou (Redação dada pelo Decreto nº 8.424, de 2015)
- II utilize embarcação de pequeno porte, nos termos da Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009 (Redação dada pelo Decreto nº 8.424, de 2015).

Além dessa definição, o Decreto nº 3.040, de 1999, institui, de forma complementar, que considera assemelhado ao pescador artesanal aquele que realiza atividade de apoio à pesca artesanal, exercendo trabalhos de confecção e de reparos de artes e petrechos de pesca e de reparos em embarcações de pequeno porte ou atuando no processamento do produto da pesca artesanal (Inclusão dada pelo Decreto nº 8.499, de 2015).

A definição de pescador artesanal estabelecida na legislação previdenciária, portanto, mescla a definição anteriormente vigente de “pescador artesanal” como aquele que “faz da pesca sua profissão ou meio principal de vida” (Art. 26, do Decreto-Lei nº 221, de 1967) com a definição do porte de embarcação da Lei nº 11.959/2009 (embarcações até 20 AB).

A legislação do seguro-defeso, por sua vez, também foi alterada, inserindo a definição de pescador artesanal da legislação previdenciária, para incluir também o assemelhado, como contemplado dessa política: “O pescador artesanal de que tratam a alínea “b” do inciso VII do art.

**26.** A legislação previdenciária de hierarquia superior abrange a Lei nº 8.212, de 1991, que dispõe sobre a organização da Seguridade Social e institui o Plano de Custeio e dá outras providências, sendo regulamentada pelo Decreto 3.048, de 06 de maio de 1999; e a Lei 8.213, de 1991, que trata dos Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências, regulamentada pelo Decreto 3.048, de 06 de maio de 1999.



12 da Lei nº 8.212, de 24 de julho de 1991, e a alínea “b” do inciso VII do art. 11 da Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991, desde que exerça sua atividade profissional ininterruptamente, de forma artesanal e individualmente ou em regime de economia familiar, fará jus ao benefício do seguro-desemprego, no valor de 1 (um) salário-mínimo mensal, durante o período de defeso de atividade pesqueira para a preservação da espécie. (Redação dada pela Lei nº 13.134, de 2015)” (Art. 1º da Lei nº 10.779, de 2003 e do Decreto nº 8.424, de 2015).

Com isso, resguardada a importância do recebimento do benefício do seguro-defeso pelo assemelhado, o legislador prejudicou sobremaneira a integração e o próprio entendimento dessas importantes Políticas setoriais, haja vista tanto o programa do seguro-defeso, como, em menor grau, a legislação previdenciária, exigir, como um dos instrumentos comprobatórios, a inscrição do pescador artesanal no Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP). O RGP, por sua vez, utiliza a definição de pescador artesanal instituída na Lei nº 11.959/2009, que não considera o assemelhado como pescador artesanal; mas, apenas como integrante da atividade pesqueira artesanal, o qual até poderia ter uma inscrição específica no RGP, contudo, sua inclusão, como categoria específica, denominada de “trabalhador e trabalhadora de apoio à pesca artesanal” foi revogada pelo Decreto nº 8.967, de 2017.

Nota-se, por último, uma possível dificuldade de interpretação das definições de pescador artesanal, de pesca e da atividade pesqueira artesanal, dispostas na Lei Geral da Pesca. Ou seja, um pescador, sob a ótica jurídico-pesqueira legal, tem que pescar (toda operação, ação ou ato tendente a extrair, colher, apanhar, apreender ou capturar recursos pesqueiros); ato completamente diferente do considerado como atividade pesqueira

artesanal<sup>27</sup> (Art. 4º, Parágrafo único, da Lei nº 11.959/2009). Essas contradições perduram na legislação nacional, tornando a conceituação jurídica de pesca artesanal e de pescador artesanal confusa e causando, com isso, grave insegurança jurídica para todo o setor pesqueiro artesanal.

### 3.2. Medidas de regulamentação

A Lei Geral da Pesca apresenta o rol das diversas formas de regulamentação da atividade, incluindo:

- I os regimes de acesso;
- II a captura total permissível;
- III o esforço de pesca sustentável;
- IV os períodos de defeso;
- V as temporadas de pesca;
- VI os tamanhos de captura;
- VII as áreas interdadas ou de reservas;
- VIII as artes, os aparelhos, os métodos e os sistemas de pesca e cultivo;
- IX a capacidade de suporte dos ambientes;
- X as necessárias ações de monitoramento, controle e fiscalização da atividade; e
- XI a proteção de espécimes em processo de reprodução ou recomposição de estoques (Art. 3º).

Essas possíveis regulamentações a serem implementadas pelo Poder Público devem conciliar o equilíbrio entre o princípio da sustentabilidade dos recursos pesqueiros e a obtenção de melhores

**27.** Consideram-se atividade pesqueira artesanal, para os efeitos desta Lei, os trabalhos de confecção e de reparos de artes e petrechos de pesca, os reparos realizados em embarcações de pequeno porte e o processamento do produto da pesca artesanal.

resultados econômicos e sociais, além de considerar as peculiaridades e as necessidades dos pescadores artesanais, de subsistência e da aquicultura familiar, visando a garantir sua permanência e sua continuidade.

### 3.3. Exercício da atividade de pesca

A pesca, apesar de ser, em princípio, uma atividade permitida no ordenamento jurídico brasileiro, o seu exercício somente poderá ocorrer mediante ato de autorização prévia da autoridade competente, com inscrição prévia no Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP) e no Cadastro Técnico Federal (CTF).

#### 3.3.1. Registro Geral da Atividade Pesqueira

O Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP) foi instituído pelo Decreto-Lei nº 221/1967, e ratificado pela Lei nº 11.959/2009. Trata-se de um instrumento do governo federal que visa a contribuir para a gestão e o desenvolvimento sustentável da atividade pesqueira, bem como permite ao interessado o exercício das atividades de pesca e aquicultura, em toda a sua cadeia produtiva. Desta forma, a atividade pesqueira no Brasil só poderá ser exercida por pessoa física, jurídica e embarcação de pesca inscrita no RGP e que detenha autorização, permissão ou licença para o exercício da atividade pesqueira (Tab. 11.3). Regulamentado pelo Decreto n. 8.425, de 2015, o RGP, sob a égide do MAPA.

O RGP se constitui como o principal instrumento para o exercício da atividade pesqueira, além de ser um dos principais instrumentos de subsídio ao ordenamento pesqueiro. Apesar da sua relevância, o RGP se encontra, já há vários anos, com diversos problemas, tais como:

- 1) regulamentação, de hierarquia inferior<sup>28</sup>, desatualizada em relação à Lei Geral da Pesca;

- 2) carência de recursos humanos capacitados para realizar o registro;
- 3) estrutura precária para atendimento dos diversos interessados na obtenção do registro;
- 4) sistema informatizado precário e
- 5) ausência de auditorias e fiscalização nas informações cadastradas.

### 3.4. Proibições para o exercício da atividade de pesca

Segundo a Lei nº 11.950, de 2009, o exercício da atividade pesqueira é proibido (Art.6º):

- a) em épocas e nos locais definidos pelo órgão competente;
- b) em relação às espécies que devam ser preservadas ou espécimes com tamanhos não permitidos pelo órgão competente;
- c) sem licença, permissão, concessão, autorização ou registro expedido pelo órgão competente;
- d) em quantidade superior à permitida pelo órgão competente;
- e) em locais próximos às áreas de lançamento de esgoto, com distância estabelecida em norma específica;
- f) em locais que causem embaraço à navegação;
- g) mediante a utilização de:
  - i) explosivos;
  - ii) processos, técnicas ou substâncias que, em contato com a água, produzam efeito semelhante ao de explosivos;
  - iii) substâncias tóxicas ou químicas que alterem as condições naturais da água e
  - iv) petrechos, técnicas e métodos não permitidos ou predatórios.

**28.** Regulamentação de hierarquia inferior corresponde aos atos normativos editados diretamente pelos órgãos das Administração Pública Direta ou Indireta, como por exemplo: Instruções Normativas, Portarias, etc.

**Tabela 11.3** Principais Normas do Registro Geral da Atividade Pesqueira.

Ato Normativo	Objeto
Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009.	Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca.
Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967.	Dispõe sobre a proteção e o estímulo à pesca, e dá outras providências.
Decreto nº 4.810, de 19 de agosto de 2013; e Decreto nº 6.772, de 18.02.2009 (política de arrendamento); Lei nº 9.537, de 11.12.1997 (segurança do tráfego aquaviário) Decreto nº 8.400, de 4.02.2015 (Linha de Base do Brasil).	Estabelece normas para operação de embarcações pesqueiras nas zonas brasileiras de pesca, alto mar e por meio de acordos internacionais, e dá outras providências.
Decreto n. 8.425, de 31 de março de 2015. Vide: alterações dadas pelos Decretos n. 8.450, 8.467, ambos de 2015, 8.967, de 23 de janeiro de 2017; Decreto n. 10.170, de 11 de setembro de 2019.	Regulamenta o parágrafo único do art. 24 e o art. 25 da Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009, para dispor sobre os critérios para inscrição no Registro Geral da Atividade Pesqueira e para a concessão de autorização, permissão ou licença para o exercício da atividade pesqueira.
Instrução Normativa SEAP nº 03, de 12 de maio de 2004 (vide suas alterações).	Dispõe sobre operacionalização do Registro Geral da Pesca.
Instrução Normativa Interministerial MPA/MMA nº 10, de 10 de junho de 2011.	Aprova as normas gerais e a organização do sistema de permissionamento de embarcações de pesca para acesso e uso sustentável dos recursos pesqueiros.
Instrução Normativa SEAP nº 6, de 29 de junho de 2012.	Dispõe sobre os procedimentos administrativos para a inscrição de pessoas físicas no Registro Geral da Atividade Pesqueira na categoria de Pescador Profissional.
Instrução Normativa MPA nº 13, de 21 de dezembro de 2012.	Dispõe sobre o procedimento de atualização e substituição das licenças de pescadores profissionais. Com o objetivo de estabelecer a forma de acesso do usuário ao SisRGP.
Instrução Normativa Interministerial MPA-MMA nº 10, de 10 de junho de 2011.	Aprova as normas gerais e a organização do sistema de permissionamento de embarcações de pesca para acesso e uso sustentável dos recursos pesqueiros, com definição das modalidades de pesca, espécies a capturar e áreas de operação permitidas.
Instrução Normativa Interministerial MPA-MMA nº 1, de 26 de março de 2015.	Altera dispositivos da Instrução Normativa Interministerial MPA/MMA nº 10, de 13 de junho de 2011.
Instrução Normativa n. 69, de 13 de dezembro de 2019.	Estabelece, no âmbito do MAPA, as normas, os critérios e os procedimentos para inscrição de pessoas jurídicas no Registro Geral da Atividade Pesqueira, na categoria de empresa pesqueira.

Além das proibições taxativas, o órgão competente também poderá proibir- transitória, periódica ou permanente- o exercício da atividade pesqueira, para proteção: de espécies, áreas ou ecossistemas ameaçados; do processo reprodutivo das espécies e de outros processos vitais para a manutenção e a recuperação dos estoques pesqueiros; da saúde pública; do trabalhador.

### 3.5. Informação, pesquisa, monitoramento e controle

A informação, pesquisa, monitoramento e controle da atividade pesqueira são prerrogativas fundamentais para dimensionar, de forma efetiva, as ações de governo voltadas ao fomento à produção sustentável, com geração de emprego, renda e alimentos de qualidade para as gerações presentes e futuras.

### 3.5.1. Informação e estatística pesqueira

O Poder Executivo deve criar um sistema nacional de informações sobre a pesca, com o objetivo de coletar, agregar, intercambiar e disseminar informações sobre o setor pesqueiro nacional (Art. 21, § 2º, da Lei nº 11.959/2009). A Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é encarregada de coordenar a implantação, o desenvolvimento e a manutenção do Sistema Nacional de Informação da Pesca e Aquicultura (SINPESQ), com o objetivo de coletar, agregar, processar, analisar, intercambiar e disseminar informações sobre o setor pesqueiro nacional, conforme preceitua o Decreto nº 1.694, de 13 de novembro de 1995<sup>29</sup>.

O SINPESQ deverá conter, basicamente, dados e informações produzidos pelo IBGE e pelos Ministérios da Agricultura, da Fazenda, da Indústria, do Comércio e do Turismo, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia, assim como as disponíveis nos demais órgãos federais, estaduais, municipais, instituições de ensino e pesquisa e entidades envolvidas com o setor pesqueiro (Art.3º, do Decreto nº 1.694, de 1995). Cabe ao IBGE, em conjunto com esses órgãos citados, a elaboração de plano operativo definindo as atribuições e respectivos responsáveis pelas ações decorrentes da implementação do SINPESQ (parágrafo único do Art. 3º). Todavia, esse plano operativo nunca foi elaborado e implementado da forma determinada no ato normativo, nem tão pouco sua criação, coordenação e implementação se encontram atribuídas ao órgão gestor da pesca.

De fato, até 1989, o IBGE publicava a Estatística da Pesca com dados da produção nacional de pescado por espécie e modalidade de pesca, para todos os estados da Federação, prática que foi, entretanto, interrompida a partir de 1990. Entre 1995 e 2007, o IBAMA foi quem realizou a coleta das informações sobre a produção pesqueira nacional, divulgando anualmente o boletim

estatístico da pesca e da aquicultura (MMA, 2007). A partir de 2008, a então SEAP/PR, substituída, em 2009, pelo MPA, assumiu a atribuição da estatística pesqueira, firmando parcerias, por meio de convênios e descentralizações de crédito, com diversas entidades em todo território nacional para o fornecimento de dados relativos à produção pesqueira, resultando na publicação dos Boletins Estatísticos dos anos de 2008 a 2011.

Em 2013, o MPA realizou coleta de dados da produção de pesca, por meio das informações geradas pelas Superintendências Federais de Pesca e Aquicultura nos Estados, sob a coordenação da Secretaria Executiva daquele órgão à época, iniciativa, contudo, que ensejou diversas críticas e questionamentos quanto aos seus resultados, inclusive denúncias formais ao Conselho de Ética da Presidência da República e à Controladoria Geral da União (CGU).

O SINPESQ, por sua vez, nunca foi criado pelo IBGE. No âmbito do MPA, foi criada uma página na web sob o título SINPESQ (<http://sinpesq.mpa.gov.br/>), mas que apenas informava os sistemas informatizados então existentes no âmbito daquele órgão (**ex:** RGP, Mapa de Bordo, Observador de Bordo, etc.), sem, porém, integrá-los. Desde 2011, portanto, há dez anos, o Poder Executivo Federal não coleta dados e, conseqüentemente, não realiza a estatística pesqueira nacional, descumprindo, assim, mais uma atribuição legal, de extrema importância para o ordenamento pesqueiro brasileiro. Não há como se fazer gestão pesqueira sem uma estatística pesqueira minimamente confiável (Tab. 11.4).

**Tabela 11.4** Principais Normas que regulamentam a informação e a estatística pesqueira nacional.

Ato Normativo	Objeto
Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009.	Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei nº 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências.
Decreto nº 1.694, de 13 de novembro de 1995.	Cria o Sistema Nacional de Informação da Pesca e Aquicultura – SINPESQ e dá outras providências.

### 3.5.2. Pesquisa pesqueira

No campo da pesquisa pesqueira, a Lei nº 11.959/2009 dispõe que a pesquisa pesqueira será destinada a obter e proporcionar, de forma permanente, informações e bases científicas que permitam o desenvolvimento sustentável da atividade pesqueira (Art. 30), com os seus resultados devendo ser difundidos para todo o setor pesqueiro (Art. 30, §3º). Ressalta-se que não se aplicam à pesquisa científica as proibições estabelecidas para a atividade pesqueira comercial. A pesquisa pesqueira compete ao MAPA (Art. 21, VII, da Lei nº 13.844/2019), resguardadas as demais competências de pesquisas instituídas aos diferentes órgãos indiretamente relacionados com a atividade pesqueira brasileira. Como por exemplo, cita-se o Decreto nº 96.000, de 02 de maio de 1988<sup>30</sup>, que atribui ao Ministério da Marinha, autorizar e acompanhar o desenvolvimento de atividades de pesquisas e investigações científicas realizadas na plataforma continental e em águas sob jurisdição brasileira. Além disso, cabe ao órgão ambiental a autorização para coleta e o cultivo de recursos pesqueiros com finalidade científica (Art. 30, § 2º).

### 3.5.3. Monitoramento e controle

No campo do monitoramento e controle, a Lei Geral da Pesca institui, no Capítulo VIII- da fiscalização e das sanções, a possibilidade do órgão competente

(MAPA) determinar a utilização de mapa de bordo e dispositivo de rastreamento por satélite, bem como de qualquer outro dispositivo ou procedimento que possibilite o monitoramento à distância e permita o acompanhamento, de forma automática e em tempo real, da posição geográfica e da profundidade do local de pesca da embarcação, nos termos de regulamento específico. Os principais instrumentos e mecanismos de monitoramento e controle da atividade pesqueira utilizados no Brasil, bem como os seus respectivos atos normativos, seguem descritos abaixo.

#### a) Programa Nacional de Rastreamento por Satélite (PREPS)

Nos países pesqueiros, o monitoramento de embarcações pesqueiras por satélite é considerado instrumento fundamental em qualquer programa de gestão pesqueira. No Brasil, a partir do ano 2000, o rastreamento esteve restrito à frota de embarcações estrangeiras arrendadas, com base no Decreto nº 4.810, de 19 de agosto de 2003, e por força das Portarias de Autorização de Arrendamento. Em 2005, porém, a então SEAP-PR, com a participação da Marinha do Brasil, Ministério do Meio Ambiente e do IBAMA, atendendo as recomendações nacionais e internacionais para a conservação e sustentabilidade dos recursos pesqueiros, elaboraram o Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite (PREPS), com a edição dos seguintes atos: Instrução Normativa Interministerial SEAP-PR/MB/

**30.** Dispõe sobre a realização de pesquisa e investigação científica na plataforma continental e em águas sob jurisdição brasileira, e sobre navios e aeronaves de pesquisa estrangeiros em visita aos portos ou aeroportos nacionais, em trânsito nas águas jurisdicionais brasileiras ou no espaço aéreo sobrejacente.

MMA nº 2, de 4 de setembro de 2006, Instrução Normativa SEAP/PR nº 20, de 15 de setembro de 2006, estabelecendo os critérios e padrões para o uso do PREPS e Instrução Normativa nº 18 de 18 de junho de 2008 (Tab. 11.5).

O PREPS, atualmente coordenado pelo MAPA, objetiva rastrear as posições das embarcações de pesca, por meio da instalação de equipamentos de GPS (*Global Positioning System*) nas embarcações pesqueiras. Com o Programa, os órgãos gestores poderão atuar mais intensamente nas atividades

de: ordenamento pesqueiro; apoio à fiscalização e combate à pesca ilegal; segurança e salvaguarda da vida humana no mar; minimização de conflitos entre as atividades de pesca industrial e artesanal; controle do óleo diesel subvencionado. Além disso, o monitoramento das embarcações via satélite permite aos proprietários, armadores ou arrendatários de embarcações pesqueiras acompanharem, em tempo real, os cruzeiros de pesca das embarcações sob sua responsabilidade, além de apoiar os mestres de pesca, orientando-os nas operações realizadas.

**Tabela 11.5** Normas que regulamentam o Programa de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras.

Ato Normativo	Objeto
Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009.	Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei nº 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências.
Decreto nº 4.810, de 19 de agosto de 2013/ Decreto nº 6.772, de 18 de fevereiro de 2009 (política de arrendamento).	Estabelece normas para operação de embarcações pesqueiras nas zonas brasileiras de pesca, alto mar e por meio de acordos internacionais, e dá outras providências.
Instrução Normativa SEAP nº 18, de 18 de junho de 2008.	Estabelece procedimentos para a aplicação de medidas administrativas no âmbito do Registro Geral da Pesca, Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações por Satélite- PREPS, Programa Nacional de Observadores de Bordo da Frota Pesqueira- PROBORDO e Mapas de Bordo.
Instrução Normativa SEAP nº 10, de 03 de maio de 2007.	Altera o prazo para adesão ao Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite – PREPS das frotas especificadas no Anexo I.
Instrução Normativa SEAP nº 22, de 23 de outubro de 2006.	Estabelece diretrizes e procedimentos complementares ao Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite – PREPS.
Instrução Normativa Interministerial SEAP/MMA/MD nº 2, de 04 de setembro de 2006.	Institui o Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite – PREPS.
Instrução Normativa SEAP nº 20, de 19 de julho de 2006.	Estabelece diretrizes e procedimentos complementares ao Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite – PREPS.
Portaria nº 324, de 10 de novembro de 2006.	Designa os membros da Gerência Executiva do Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite – PREPS.
Portaria nº 325, de 10 de novembro de 2006.	Designa os membros da Grupo Técnico Gestor do Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite – PREPS.
Portaria nº 326, de 10 de novembro de 2006.	Designa os membros da Secretaria Executiva do Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite – PREPS.

O Sistema da Central de Rastreamento (<http://www.preps.gov.br>) foi pensado para ter a capacidade de identificar cada embarcação; localizar e pesquisar as embarcações por filtros (tamanho da embarcação, frota, espécie-alvo, entre outros); arquivar histórico de ocorrências com as embarcações; gerar alarmes de ocorrências que incluam situações de socorro, alerta de áreas sob proteção especial; e gerar relatório de rastreamento de cada cruzeiro de pesca, identificando situação de navegação e de atividade pesqueira; entre outras potencialidades. Apesar de ser uma ferramenta de extrema importância no monitoramento e controle da atividade pesqueira, porém, o programa se encontra obsoleto, devido aos avanços tecnológicos surgidos desde a adoção do pacote original, com o seu sistema informatizado já apresentando sobrecarga evidente, além de diversos entraves e falhas de funcionamento.

#### **b) Programa de Mapas de Bordo**

O Mapa de Bordo é um formulário de preenchimento obrigatório, por mestres e patrões de pesca, com informações diárias sobre as operações da pesca, como as modalidades de pesca, características da embarcação e do aparelho de pesca utilizado, tipo e quantidade de pescado capturado, locais de pesca, tempo gasto na captura, datas e portos de saída e chegada. Em função do disposto no Decreto Lei nº 221, de 1967, ratificado pela Lei nº 11.959, de 2009, e no Decreto nº 4.810, de 2003, após cada viagem de pesca os mestres das embarcações são obrigados a preencher e entregar Mapas de Bordo específicos por modalidade de pesca, com informações sobre as operações de pesca e sobre as capturas obtidas. A obrigatoriedade de entrega do Mapa de Bordo, contudo, é estratificada por pescaria, com base em critérios para a sua aplicação, conforme disposto no Anexo I da Instrução Normativa MPA nº20, de 10 de setembro de 2014 (Tab. 11.6)

O objetivo fulcral do Mapa de Bordo é avaliar o efeito da pesca sobre os estoques pesqueiros. As informações oriundas dos Mapas de Bordo são fundamentais para a geração de séries temporais de

captura por unidade de esforço (CPUE), fundamentais para que se possa realizar avaliações periódicas sobre a condição dos estoques explorados. Em conjunto com dados sobre o meio ambiente e sobre as características biológicas dos estoques, as avaliações fundamentadas nas séries temporais de CPUE são a principal fonte de informação para se balizar as medidas de regulamentação (**ex:** captura máxima permitida, período de defeso, tamanho mínimo de captura) necessárias para se assegurar a sustentabilidade da atividade pesqueira e a conservação das espécies exploradas, para as gerações presentes e futuras.

A utilização de Mapa de Bordo é obrigatória para as embarcações registradas e autorizadas no âmbito do RGP, sendo, porém, facultativo o preenchimento e entrega de Mapas de Bordo por embarcações de pesca artesanais autorizadas a atuar em frota sem controle de esforço e com arqueação bruta igual ou inferior a 10 (dez). Além de permitir o monitoramento das atividades de pesca, essencial para a adoção de medidas adequadas de ordenamento pesqueiro, o preenchimento do Mapa de Bordo é útil, também, para que o próprio pescador possa ter um melhor controle e acompanhamento de suas atividades.

Apesar de sua grande importância, porém, o instrumento do Mapa de Bordo também tem sofrido inúmeras deficiências na sua implementação, operacionalização, monitoramento e controle. Atualmente, porém, a SAP/ MAPA está construindo um sistema informatizado para inserir e avaliar os dados dispostos nos Mapas de Bordo automaticamente, a partir de Mapas de Bordo eletrônicos que podem ser preenchidos em tempo real pelo Patrão de Pesca. Se a implementação do Mapa de Bordo eletrônico for efetivada de forma ampla, poderá ter, sem nenhuma dúvida, um impacto extremamente positivo na gestão pesqueira nacional. É preciso ressaltar, contudo, que os dados oriundos dos mapas de bordo eletrônico, da mesma forma que no caso dos mapas preenchidos manualmente, precisarão ser aferidos, por amostragem, através do acompanhamento de desembarques em porto.

**Tabela 11.6** Principais Normas que regulamentam os Mapas de Bordo.

Ato Normativo	Objeto
Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009.	Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei no 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei no 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências.
Decreto nº 4.810, de 19 de agosto de 2013/ Decreto nº 6.772, de 18/02/ 2009 (política de arrendamento).	Normas para operação de embarcações pesqueiras nas zonas brasileiras de pesca, alto mar e por meio de acordos internacionais, e dá outras providências.
Instrução Normativa MPA nº 20, de 10 de setembro de 2014.	Estabelece critérios e procedimentos para preenchimento e entrega de Mapas de Bordo das embarcações registradas e autorizadas no âmbito do Registro Geral da Atividade Pesqueira-RGP.

### c) Programa de Observador de Bordo

O Programa Nacional de Observadores de Bordo da Frota Pesqueira (PROBORDO) surgiu no Brasil a partir da Política de Arrendamento de Embarcações estrangeiras de pesca, para atender inicialmente a necessidade de monitoramento dessas embarcações, com fundamento instituído no Decreto nº 4.810, de 2003. Ampliado, subsequentemente, para embarcações nacionais, o objetivo do programa é realizar o levantamento técnico-científico das operações de pesca, incluindo dados biológicos dos recursos, caracterização do ambiente, bem como das tecnologias empregadas nas embarcações. O Observador de Bordo, de acordo com o Programa, é o profissional não tripulante, devidamente capacitado e habilitado, indicado pelo MAPA, para acompanhar as pescarias de embarcações estrangeiras arrendadas e nacionais, na condição de agente do Estado Brasileiro. Sua função é apenas a de registrar as operações de pesca, não podendo interferir nas atividades nem atuar como fiscal de medidas de ordenamento.

Com a atuação dos Observadores de Bordo na frota arrendada, o conhecimento sobre a pesca oceânica no Brasil obteve um incremento qualitativo e quantitativo significativo, em função dos registros feitos por estes profissionais, permitindo ao Governo Federal conhecer melhor os recursos pesqueiros disponíveis, promover a transferência de tecnologia, além de acompanhar irregularidades nas

operações e promover medidas de ordenamento mais eficazes.

Os resultados positivos incentivaram a ampliação do programa para a frota nacional, conforme disposto na Instrução Normativa Conjunta SEAP/PR-MMA nº 1, de 26 de setembro de 2006. Com base nessa regulamentação, o PROBORDO atende toda a frota arrendada bem como as embarcações brasileiras autorizadas para operarem em águas sob jurisdição brasileira e que estejam sujeitas ao sistema de controle de cumprimento de limites de captura de recursos demersais de profundidade, estabelecidos por ato normativo específico (Tab. 11.7).

Esse monitoramento possibilitava a geração de dados necessários para dimensionar o esforço de pesca sustentável para novas pescarias e o estabelecimento de mecanismos de recuperação e controle dos recursos tradicionais explorados pela pesca comercial. É obrigatória a participação das seguintes embarcações no PROBORDO:

- i) Embarcações de pesca estrangeiras sob vigência de Autorização de Arrendamento;
- ii) Embarcações de pesca brasileiras, inscritas no RGP e autorizadas a operarem em águas sob jurisdição brasileira e que estejam sujeitas ao sistema de controle de cumprimento de limites de captura de recursos demersais de profundidade, estabelecidos por ato normativo específico;



- iii) Embarcações brasileiras ou estrangeiras sob regime de arrendamento, inscritas no RGP e autorizadas a operar na captura de recursos pesqueiros no Mar Antártico, administradas no âmbito da Comissão para a Conservação dos Recursos Vivos Marinhos Antárticos-CCAMLR e
- iv) Outras embarcações definidas em ato normativo específico.

Para que possa construir um sistema de gestão pesqueira minimamente eficiente, portanto, o governo brasileiro precisa implementar, com urgência um Programa de Observador de Bordo, podendo complementar a presença de observadores físicos a bordo com sistemas de monitoramento eletrônico da pesca.

**Tabela 11.7** Principais Normas que regulamentam o Observador de Bordo.

Ato Normativo	Objeto
Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009.	Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei no 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei no 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências.
Decreto nº 4.810, de 19 de agosto de 2013. Decreto nº 6.772, de 18 de fevereiro de 2009.	Estabelece normas para operação de embarcações pesqueiras nas zonas brasileiras de pesca, alto mar e por meio de acordos internacionais, e dá outras providências.
Instrução Normativa SEAP nº 18, de 18 de junho de 2008.	Estabelecer procedimentos para a aplicação de medidas administrativas no âmbito do Registro Geral da Pesca.
Instrução Normativa Conjunta SEAP/PR MMA nº 1, de 29 de setembro de 2006.	Estabelece as diretrizes para a elaboração e condução do Programa Nacional de Observadores de Bordo da Frota Pesqueira-PROBORDO, assim como os procedimentos para a atuação dos Observadores de Bordo nas embarcações de pesca integrantes do PROBORDO.

### 3.5.4. Política de crédito

A política de crédito para o setor pesqueiro nacional é um tema bastante controverso no estudo do ordenamento pesqueiro brasileiro, principalmente a partir do agravamento do grau de sobreexploração de vários recursos pesqueiros. Sob este item, porém, não se pretende avaliar a pertinência da política de crédito pesqueiro no Brasil, sob o ponto de vista da gestão pesqueira, mas apresentar suas linhas norteadoras e os instrumentos legais vigentes que abordam, de forma específica, programas, projetos e ações que contribuem para o desenvolvimento pesqueiro nacional. Nesse contexto, cabe destacar que a política pesqueira nacional se encontra incorporada à política

agrícola, de forma Constitucional, com uma de suas regulamentações definindo o Crédito Rural como instrumento de financiamento da atividade rural com objetivo, entre outros, de estimular o “extrativismo não predatório” e “desenvolver atividades florestais e pesqueiras”, conforme disposto no art. 187 da Constituição e na Lei nº 4.829, de 05.11.1965<sup>31</sup>.

A Lei nº 4.829/1965 considera o crédito rural como o suprimento de recursos financeiros por entidades públicas e estabelecimentos de crédito particulares a produtores rurais ou a suas cooperativas para aplicação exclusiva em atividades que se enquadrem, especialmente, nos seguintes objetivos:

- i)** estimular o incremento ordenado dos investimentos rurais, inclusive para armazenamento, beneficiamento e industrialização dos produtos agropecuários, quando efetuado por cooperativas ou pelo produtor rural;
- ii)** favorecer o custeio oportuno e adequado da produção e a comercialização de produtos agropecuários;
- iii)** possibilitar o fortalecimento econômico dos produtores rurais, notadamente pequenos e médios;
- iv)** incentivar a introdução de métodos racionais de produção, visando ao aumento da produtividade e à melhoria do padrão de vida das populações rurais, e à adequada defesa do solo.

Neste campo, a Lei nº 11.959/2009 estabelece que são considerados produtores rurais e beneficiários da política agrícola de que trata o art. 187 da Constituição Federal as pessoas físicas e jurídicas que desenvolvam atividade pesqueira de captura e criação de pescado nos termos desta Lei; podendo ser beneficiários do crédito rural de comercialização os agentes que desenvolvem atividades de transformação, processamento e industrialização de pescado, desde que comprovada a aquisição da matéria-prima diretamente de produtores ou suas cooperativas, por preço não inferior ao mínimo fixado ou ao adotado como base de cálculo do financiamento, e mediante deliberação e disciplinamento do Conselho Monetário Nacional. (Art. 27 da Lei nº 11.959/2009 e § 1º do art. 49 da Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991).

Com a transferência das competências para o IBAMA (1989 a 1997), a política de incentivo creditício se tornou mais tímida, quase inexistente, haja vista o momento histórico haver se caracterizado pela conservação e preservação ambiental, com o objetivo central do órgão gestor da pesca de recuperação dos estoques pesqueiros em situação de sobreexploração ou ameaçados de extinção.

A partir da criação do DPA/MAPA, em 1998, e mais efetivamente da SEAP/PR (2003 a 2009), o tema voltou a ser pautado com a edição de programas específicos, como, por exemplo, o Profrota Pesqueira, os quais, pelo menos sob o ponto de vista legal, previam o desenvolvimento da atividade com a necessária sustentabilidade dos recursos pesqueiros, considerando-se os seus três pilares – social, econômico e ambiental. O Profrota Pesqueira- Programa Nacional de Financiamento da Ampliação e Modernização da Frota Pesqueira Nacional, instituído pela Lei nº 10.849, de 2004, com a finalidade de apoiar o desenvolvimento do setor pesqueiro nacional, tem como objetivos específicos:

- a)** financiar a aquisição, construção, conversão, modernização, adaptação e equipagem de embarcações pesqueiras, visando a reduzir a pressão de captura sobre estoques sobreexplorados;
- b)** proporcionar a eficiência e sustentabilidade da frota pesqueira costeira e continental;
- c)** promover o máximo aproveitamento das capturas,
- d)** aumentar a produção pesqueira nacional;
- e)** utilizar os estoques pesqueiros disponíveis na Zona Econômica Exclusiva brasileira e em águas internacionais;
- f)** consolidar a frota pesqueira oceânica nacional e
- g)** melhorar a qualidade do pescado produzido no Brasil.

Com a extinção do MPA, a Política Creditícia Pesqueira retornou ao âmbito da Política Agrícola, não tendo sido lançado nenhum plano específico para pesca e aquicultura nos anos de 2016/2017, 2018/2019 e 2019/2020. As linhas de crédito para os pescadores, contudo, continuaram a vigorar, sendo inseridas no Plano Agrícola e Pecuário, especialmente nos Programas Modeagro- Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais e Prodecoop- Programa de

Desenvolvimento Cooperativo para Agregação de Valor à Produção Agropecuária; além do Plano Safra da Agricultura Familiar, com destaque para a linha de crédito oferecida para os Povos e Comunidade Tradicionais.

Segundo o MAPA (2019), as medidas do Plano Safra (2019/2020)<sup>32</sup>, instituídas na Resolução nº 4.730, de 27 de junho de 2019<sup>33</sup>, conferem maior apoio creditício aos pescadores e piscicultores, com linhas de financiamento de custeio, comercialização, industrialização e investimento<sup>34</sup>, assegurando níveis mínimos de remuneração ao produtor rural na venda de pescado às agroindústrias do setor, por meio de preços de referência estabelecidos pelo governo.

Para concessão de financiamento direcionado à

atividade pesqueira, a instituição financeira deve exigir do beneficiário o comprovante de inscrição no RGP, sendo que, quando se tratar de financiamento de embarcações de pesca extrativa, deve ser exigida também a Permissão Prévia de Pesca (PPP) emitida pelo MAPA, conforme Resolução nº 4.730/2019. As principais normas que regulamentam a política de pesca ao setor pesqueiro podem ser encontradas na tabela 11.8.

No ano agrícola 2018/2019, os financiamentos para pesca e aquicultura totalizaram R\$ 626 milhões nas modalidades custeio, investimento e comercialização, com contratos de 14 mil operações feitas pelo segmento, sendo R\$ 484 milhões em custeio, R\$ 109 milhões em investimentos e R\$ 32 milhões em comercialização.

**Tabela 11.8** Principais Normas que regulamentam a Política de Crédito.

Ato Normativo	Objeto
Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009.	Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca (Vide art. 27).
Resolução nº 4.730, de 27 de maio de 2019.	Ajusta normas gerais do crédito rural a serem aplicadas a partir de 1º de julho de 2019.
Lei nº 10.849, de 23.11.2003/ Decreto nº 5.474 de 22 de junho de 2005.	Cria o Programa Nacional de Financiamento da Frota Pesqueira – Profrota Pesqueira.
Portaria SEAP nº 246 de 18.08.2005.	Aprova o Manual Técnico e Ambiental, contendo o detalhamento das especificações técnicas e ambientais para avaliação das propostas do Profrota Pesqueira.
Lei nº 8.171, de 17.01.1991. * Decreto nº 175, de 10 de julho de 1991.	Dispõe sobre a Política Agrícola.
Lei nº 4.829, de 05.11.1965. Regulamentação: Decreto nº 58.380, de 10 de maio de 1966.	Institucionaliza o Crédito Rural.
Lei nº 7.827, de 27.09.1989. Regulamentação: Decreto nº 9.290, de 21 de fevereiro de 2018.	Cria os Fundos Constitucionais de Financiamento.
Lei nº 6.704, de 26 de outubro de 1979. Regulamentação: Decreto nº 3.937, de 25 de setembro de 2001.	Dispõe sobre o seguro de crédito à exportação e dá outras providências.
Lei nº 8.427, de 27 de maio de 1992.	Dispõe sobre a concessão de subvenção econômica nas operações de crédito rural.
Lei nº 9.138, de 29 de novembro de 1995.	Dispõe sobre o crédito rural, e dá outras providências.

**32.** Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/campanhas/plano-safra>

**33.** Ajusta normas gerais do crédito rural a serem aplicadas a partir de 1º de julho de 2019

**34.** <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/melhores-condicoes-de-comercializacao-beneficiam-o-setor-de-pesca-e-aquicultura>

Ato Normativo	Objeto
Instrução Normativa MPA nº 07, de 19 de maio de 2010.	Programa de Revitalização da Frota Pesqueira Artesanal – Programa Revitaliza.
Lei nº 10.893 de 13 de julho de 2004. Decreto nº 5.543 de 20 de setembro de 2005/ Decreto-lei nº 2.404, de 23 de dezembro de 1987; Resolução BACEN 3.828 de 17 de dezembro de 2009.	Dispõe sobre o Adicional de Frete para a Renovação da Marinha Mercante e o Fundo da Marinha Mercante – FMM, e dá outras providencias.

### 3.5.5. Subsídios e subvenções

#### a) Seguro-desemprego do pescador artesanal

O Seguro-desemprego do Pescador Artesanal (SDPA), popularmente chamado de Seguro-defeso, é o benefício concedido ao pescador profissional artesanal durante o período de defeso da atividade pesqueira para a preservação da espécie, conforme disposto na Lei nº 10.779, de 2003, regulamentada pelo Decreto nº 8.424, de 31 de março de 2015 (Tab. 11.9).

Segundo a Lei nº 11.959/2009, defeso é a paralisação temporária da pesca para a preservação da espécie, tendo como motivação a reprodução e/ou recrutamento, bem como paralisações causadas por fenômenos naturais ou acidentes (Art. 2º, XIX); sendo compreendido como uma das possíveis medidas de regulamentação da Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Atividade Pesqueira (Art. 3º, IV). O SDPA situa-se na confluência das políticas sociais e ambientais definidas após a Constituição Federal de 1988 no Brasil. Ele ampara os pescadores artesanais, impedidos de subsistir com seu trabalho durante certo período do ano. Além disso, ele oferece alguma proteção às espécies marinhas, fluviais e lacustres que integram o ecossistema (IPEA, 2014). Cabe ao Instituto Nacional de Seguro Social (INSS) receber e processar os requerimentos, habilitar os beneficiários e decidir quanto à concessão do benefício de seguro-defeso (Art. 3º do Decreto nº 8.424, de 2015); ao tempo que o estabelecimento dos períodos de defeso deve ser fixado pelo MAPA (Art. 21 da Lei nº 13.844/2019 c/c inciso IV do Art. 3º da Lei nº 11.959/2009).

O SDPA conta com dois objetivos, um ambiental e outro socioeconômico. O primeiro visa assegurar a conservação das várias espécies exploradas pela

pesca e, assim, a sustentabilidade da atividade. O segundo objetivo é assegurar amparo econômico ao pescador artesanal sob a forma de transferência monetária, durante o período em que ele não pode retirar sua subsistência do mar, dos rios ou lagos, servindo de incentivo para que o pescador não viole o defeso, garantindo, assim, a eficácia e a efetividade da medida ambiental (SECAP, 2019). O valor do benefício está pautado na ordem de um salário-mínimo mensal, durante o período de defeso, que não poderá exceder cinco meses, sendo pago à conta do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), instituído pela Lei nº 7.998, de 11 de janeiro de 1990.

Para fazer jus ao benefício, o pescador artesanal deve preencher os seguintes requisitos:

- i) exercer a pesca artesanal, individualmente ou em regime de economia familiar, de forma ininterrupta;
- ii) ter registro ativo há pelo menos um ano no RGP, na condição de pescador profissional artesanal;
- iii) ser segurado especial, na categoria de pescador artesanal;
- iv) comercializar a sua produção com pessoa física ou jurídica, comprovando contribuição previdenciária, nos últimos 12 meses imediatamente anteriores ao requerimento do benefício ou desde o último período de defeso até o início do período atual, o que for menor;
- v) não estar em gozo de nenhum benefício de prestação continuada da Assistência Social ou da Previdência Social, exceto auxílio-acidente e pensão por morte e;
- vi) não ter vínculo de emprego ou outra relação de trabalho ou fonte de renda diversa da decorrente da atividade pesqueira.

**Tabela 11.9** Principais Atos Normativos que regulamentam o seguro-defeso.

Ato Normativo	Objeto
Lei nº 7.998, de 11 de janeiro de 1990.	Regula o Programa do Seguro-Desemprego, o Abono Salarial, institui o Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), e dá outras providências.
Lei nº 10.779, de 25 de novembro de 2003, e alterações. *Última alteração dada pela Lei 13.134, de 16 de junho de 2015.	Dispõe sobre a concessão do benefício de seguro desemprego, durante o período de defeso, ao pescador profissional que exerce a atividade pesqueira de forma artesanal.
Decreto nº 8.424, de 31 de março de 2015, e alterações dadas pelo Decreto nº 8.967, de 23 de janeiro de 2017.	Regulamenta a Lei nº 10.779, de 25 de novembro de 2003, para dispor sobre a concessão do benefício de seguro-desemprego, durante o período de defeso, ao pescador profissional artesanal que exerce sua atividade exclusiva e ininterruptamente.

O SDPA se encontra em fase de revisão pelo governo federal em conjunto com os órgãos de controle do Poder Executivo, com o apoio da FAO, por meio de projetos de consultoria para análise socioeconômica do seguro-defeso, bem como para revisão das normas de defeso vigentes sob à ótica legal e biológico-pesqueira, a partir de uma avaliação sobre a sua pertinência ecológica, utilidade e efetividade para proteção dos recursos.

#### **b) Subvenção econômica ao preço do óleo diesel**

O início da subvenção econômica ao preço do óleo diesel para embarcações pesqueiras no Brasil surgiu ainda no final da década de 1970, quando foi concebido um desconto de 30% sobre o preço do óleo diesel consumido pela frota pesqueira nacional voltada à exportação do pescado. Essa medida tinha como objetivo reduzir os custos de captura para tornar o pescado brasileiro mais competitivo, em termos econômicos, no mercado mundial. O Programa era subsidiado exclusivamente pela União, não tendo contrapartida dos Estados, sendo proveniente do Fundo do Conselho Nacional do Petróleo. Não havia um valor fixo do subsídio, variando de acordo com a cotação internacional do óleo diesel. A concessão do benefício prosperou até 1987, quando foi interrompida devido a não inclusão de recursos no orçamento da União.

As entidades das indústrias processadoras e armazenadoras de pescado, inclusive artesanais,

inconformadas com a extinção do Programa, promoveram movimentos reivindicatórios junto ao Poder Executivo e ao Congresso Nacional, no sentido de restabelecê-lo, com a extensão de seus benefícios a toda frota nacional e não apenas às exportadoras.

Contudo, foi apenas em 1996, com edição da Lei Complementar nº 24, de 7 de janeiro, que dispõe sobre os convênios para a concessão de isenções do imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias, que foi editado o Convênio ICMS nº 58/96, de 31 de maio daquele ano, autorizando os Estados e o Distrito Federal a concederem isenção do ICMS na saída de óleo diesel a ser consumido por embarcações pesqueiras nacionais, seguido do Protocolo nº 08, de 25 de junho de 1996, que estabeleceu os procedimentos para a concessão da isenção. Em 1996, portanto, o subsídio do óleo diesel passou a ser uma política pública para a pesca, integrando um conjunto de ações implementadas pelo Programa de Desenvolvimento da Pesca, no âmbito do DPA/MAPA (Tab. 11.10).

A subvenção econômica ao preço do óleo diesel adquirido para o abastecimento de embarcações pesqueiras nacionais foi instituída pela Lei nº 9.445, de 13 de março de 1997, e buscava equiparar o preço do óleo diesel consumido por embarcações pesqueiras nacionais ao valor pago por embarcações estrangeiras de pesca, visando a

aumentar a competitividade do pescado brasileiro no mercado internacional. O programa consiste da isenção integral do ICMS proporcionada pelos Estados da Federação no momento da aquisição do óleo diesel, nos fornecedores de combustíveis, e do ressarcimento de até 25% proporcionado pelo governo federal da diferença no preço pago pelo óleo diesel para equiparar o seu valor interno com os níveis internacionais, após análise de requerimento e adimplência do beneficiário.

São beneficiários da subvenção: os proprietários de embarcações, armadores ou arrendatários, pessoas físicas ou jurídicas, de embarcações pesqueiras nacionais e pessoa jurídica brasileira arrendatária de barcos pesqueiros estrangeiros, sendo necessário para a obtenção do benefício:

- i) que o Estado onde se localiza a distribuidora de óleo diesel tenha celebrado protocolo de adesão a convênio que a autorize conceder a isenção do ICMS nas saídas de óleo diesel destinado a embarcações pesqueiras nacionais;
- ii) que o beneficiário esteja habilitado junto ao MAPA a adquirir o óleo diesel subvencionado, comprovando, inclusive, sua capacidade jurídica e regularidade fiscal e
- iii) que o óleo diesel subvencionado seja utilizado, exclusivamente, em embarcações pesqueiras nacionais ou equiparadas.

O programa de subvenção ao preço do óleo diesel é um instrumento que influi diretamente na gestão pesqueira brasileira, possuindo um sistema de implementação complexa, demorada, custosa, e com metodologias e trâmites diferentes em cada Estado. É urgente, portanto, que o programa seja aperfeiçoado nos seus procedimentos e critérios de acesso, bem como nas suas ferramentas de gestão, monitoramento e controle, com vistas à eliminação de possíveis fraudes e uso mais eficiente do recurso público, além de se assegurar que a concessão não contribua para agravar a condição de conservação dos estoques pesqueiros explorados.

**Tabela 11.10** Regulamentação principal do Programa de Subvenção do Óleo Diesel para embarcações pesqueiras.

Ato Normativo	Objeto
Convênio ICMS nº 58, de 31 de maio de 1996.	Autoriza os Estados e o DF a conceder isenção do ICMS na saída de óleo diesel para embarcação pesqueira, nas condições que especifica.
Protocolo ICMS nº 08, de 25 de junho de 1996.	Estabelece procedimentos para a operacionalização da isenção de ICMS, na saída de óleo diesel a ser consumido por embarcações nacionais, constante do Convênio ICMS 58/96.
Lei nº 9.445, de 14 de março de 1997.	Concede subvenção econômica ao preço do óleo diesel consumido por embarcações pesqueiras nacionais.
Decreto nº 7.077, de 26 de janeiro de 2010.	Regulamenta a Lei nº 9.445, de 14 de março de 1997, que concede subvenção econômica ao preço do óleo diesel consumido por embarcações pesqueiras nacionais.
Instrução Normativa MAPA nº 2, de 27 de janeiro de 2010.	Estabelece o método de cálculo das cotas anuais de combustível, quantificada em litros, por modalidade de pesca.
Instrução Normativa MPA nº 10, de 14 de outubro de 2011.	Regulamenta a subvenção econômica ao preço do óleo diesel consumidos por embarcações pesqueiras nacionais, de que cuida o Decreto nº 7.077, de 26 de janeiro de 2010.
Instrução Normativa MPA nº 07, de 08 de agosto de 2012.	Determina que as embarcações pesqueiras artesanais, com até 20 AB, ficam obrigadas a apresentar a competente Requisição de Óleo Diesel Eletrônica (RODEs).

Ato Normativo	Objeto
Instrução Normativa MPA nº 11, de 5 de junho de 2014. * Vide alteração dada pela Instrução Normativa MPA nº 28, de 22 de dezembro de 2014.	Suspende por tempo indeterminado a exigência de instalação dos dispositivos eletrônicos nas embarcações maiores de 20 AB, do Programa de Subvenção do Óleo Diesel consumidos por Embarcações Pesqueiras Nacionais e dá outras providências.
Portaria MAPA nº 87, de 19 de março de 2020.	Estabelece cota anual de óleo diesel dos beneficiários do Programa de Subvenção Econômica ao Preço do Óleo Diesel consumidos por Embarcações Pesqueiras Nacionais e habilita empresas para o fornecimento do óleo diesel, relativas ao ano de 2020.
Portaria SAP/MAPA nº 124, de 29 de abril de 2020.	Tornar pública lista de habilitações à subvenção econômica nas aquisições de óleo diesel para embarcações pesqueiras e promove retificações na Portaria MAPA nº 87, de 19 de março de 2020, publicada no Diário Oficial da União de 23 de março de 2020, Seção 1, páginas 43, 45, 46, 57 e 58.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Ordenamento Pesqueiro brasileiro, apesar do complexo emaranhado de regras obsoletas e anacrônicas, internaliza na sua Política de Desenvolvimento da Pesca diretrizes e recomendações internacionais, com princípios que objetivam garantir a sustentabilidade das pescarias e a conservação dos estoques explorados, equilibrando os aspectos ambientais, econômicos e sociais da atividade pesqueira. Segundo a Constituição Federal do Brasil (1988), a regulamentação da pesca é concorrente entre a União, Estados, Distrito Federal e Municípios. Ou seja, a União regula a atividade pesqueira em geral, enquanto os Estados, o Distrito Federal e os Municípios regulam a questão de maneira específica. Não obstante, é de responsabilidade dos Estados e do Distrito Federal organizar a pesca nas águas continentais de suas respectivas jurisdições, observando a legislação aplicável. Por outro lado, a competência para proteger o meio ambiente é comum à União, Estados, Distrito Federal e Municípios.

Compete ao MAPA, a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Pesca, incluindo a gestão do uso dos recursos pesqueiros e o RGP; ao tempo que, compete ao MMA e suas autarquias vinculadas (IBAMA e ICMBio), a proteção da biodiversidade, incluindo a definição da lista de espécies ameaçadas de extinção. O ICMBio é,

também, a instituição responsável pela gestão da pesca nas Unidades de Conservação; e o IBAMA é responsável pela fiscalização da pesca em todo território nacional.

A gestão dos recursos pesqueiros brasileiros, porém, tem enfrentado enormes dificuldades, desde a ausência de estatística pesqueira, já há mais de 10 anos, até as deficiências crônicas nos instrumentos de monitoramento e controle da atividade, somadas à falta de pesquisas continuadas focadas na avaliação dos estoques explorados. A única iniciativa neste sentido, viabilizada ainda em 2015, pelo MPA, mas somente implementada a partir de 2018, foi um edital específico do CNPq, com esta finalidade. A qualidade da informação, a estatística e os instrumentos de monitoramento e controle da atividade pesqueira, portanto, a exemplo do RGP, componentes fundamentais para a tomada de decisão e definição das políticas públicas a serem aplicadas no processo de gestão, estão, na sua grande maioria, em desuso ou com deficiências operacionais graves, carecendo de urgente aprimoramento e incorporação de tecnologias e metodologias mais modernas. Entre todas as deficiências enfrentadas pela gestão pública do setor pesqueiro nacional, porém, a fragilidade e a dicotomia institucional têm sido as mais graves e, certamente, as principais causas de todas as outras, com 8 instituições responsáveis pela gestão da

pesca tendo se revezado entre 1998 e 2018, 6 delas nos últimos 5 anos, além de todas elas terem suas responsabilidades compartilhadas com o MMA, até a reunificação institucional ocorrida no início de 2019.

A consequência desses 20 anos de fragilidade institucional foi uma regulamentação obsoleta e anacrônica, diluída em diversos diplomas legais, com medidas de gestão predominantemente voltadas para a limitação do número de autorizações; estações e áreas de pesca fechadas; e limitação das artes de pesca autorizadas. O único sistema de cotas adotado até agora na pesca brasileira foi introduzido para a pesca de tainha (*Muzil liza*), em 2019, em conjunto com o Plano de Gestão da sua pesca nas regiões Sudeste-Sul do país. Além do Plano para a gestão da pesca da tainha, somente dois outros foram elaborados até o momento no país:

- 1) Lagostas, *Panulirus meripurpuratus* e *P. laevicauda*, em 2006, para toda a costa brasileira; e
- 2) Sardinha, *Sardinella brasiliensis*, em 2011, também para toda a costa.

Na ausência de um planejamento adequado, o número excessivo de barcos continua a ser um grave problema para várias pescarias de interesse comercial no país, com a única medida adotada para o controle da capacidade tendo sido a limitação ou redução do número de autorizações de pesca.

Ademais, com a dissolução dos Comitês Permanentes de Gestão, desde 2019, já não existe mais nenhum mecanismo de consulta participativa com entidades representativas, usuários do recurso e outros atores envolvidos na gestão da pesca brasileira, com as consultas sendo atualmente realizadas informalmente ou através da publicação de Consultas Públicas formais. O resgate da governança e da capacidade de articular o conjunto de políticas com o setor e com toda a sociedade é, sem dúvida, um dos principais desafios a serem enfrentados pelo Brasil, para o restabelecimento da gestão pesqueira brasileira com base na abordagem ecossistêmica na gestão pesqueira.

No campo internacional, o Brasil internalizou a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, de 1982; o Acordo sobre Estoques de Peixes Transzonais e Altamente Migratórios, de 1995; e se encontra em processo de ratificação o Acordo da FAO de medidas do estado do porto, de 2009. Além disso, o país é membro da Convenção de 1973 sobre o Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas de Fauna e Flora Selvagens (CITES), da Convenção de 1979 sobre a conservação de espécies migratórias de animais selvagens e da Convenção de 1992 sobre Diversidade Biológica. Infelizmente, a situação atual da gestão pesqueira nacional é de todo incompatível com os compromissos internacionais assumidos pelo País no sentido de assegurar a sustentabilidade da atividade pesqueira e a conservação dos estoques explorados e demais espécies afetadas pela pesca. Espera-se que com a reunificação da gestão pesqueira nacional em uma única instituição, a atual Secretaria de Aquicultura e Pesca do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, consiga inaugurar uma nova era na gestão pesqueira nacional.

## REFERÊNCIAS

- ALAGOAS. **Lei Delegada nº 47, de 10 de agosto de 2015.** Institui o modelo de gestão da administração pública estadual do poder executivo, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.seris.al.gov.br/legislacao/>
- BAHIA. **Lei nº 115, de 16 de agosto de 1895.** Modifica a estrutura organizacional da Administração Pública do Poder Executivo Estadual e dá outras providências. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/regimento>
- BRASIL. **Compilação da Legislação Federal sobre o Uso Compartilhado do Ambiente Marinho:** *Vade mecum* do ambiente marinho/Organizadora Claudia Maria Rezende de Souza; Colaboradores Ana Sílvia Costa Silvino, Tarcísio Alves de Oliveira – Brasília/DF: Secretaria da Comissão para os Recursos do Mar-SECIRM, 2015.
- \_\_\_\_\_. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.
- \_\_\_\_\_. **Compilação da Legislação Federal sobre o Uso Compartilhado do Ambiente Marinho:** *Vade mecum* do ambiente marinho/Organizadora Claudia Maria Rezende de Souza;



Colaboradores Ana Silvia Costa Silvino, Tarcísio Alves de Oliveira – Brasília/DF: Secretaria da Comissão para os Recursos do Mar-SECIRM, 2015

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Agrícola e Pecuário 2016-2017** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: Mapa/SPA, 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano da Agricultura Familiar 2016/2017**. Brasília: MDA, 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Diretrizes Ambientais para o Setor Pesqueiro**. Diagnóstico e Diretrizes para Pesca Marítima. Brasília: 1997.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Boletim Estatístico da Pesca**. Brasília: 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Programa REVIZEE – Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva do Brasil: Relatório Executivo**. 2006. Disponível em: [www.mma.gov.br/estruturas/revizee/\\_arquivos/re\\_executivo\\_revizee.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/_arquivos/re_executivo_revizee.pdf)

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Brasil: 5º relatório nacional para a Convenção Sobre Diversidade Biológica**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas; Coordenador Carlos Alberto de Mattos Scaramuzza. Brasília: MMA, 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Relatório dos Grupos Técnicos de Trabalho – Portaria MMA n. 445, de 17 de dezembro de 2014**. Brasília: MPA, Secretaria de Planejamento e Ordenamento da Pesca, 2015. 47p.

\_\_\_\_\_. Tribunal de Contas da União. **Referencial básico de governança aplicável a órgãos e entidades da administração pública / Tribunal de Contas da União**. Versão 2 - Brasília: TCU, Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2014. 80 p

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009**. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei nº 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03)

\_\_\_\_\_. **Lei nº 13.844, de 18 de junho de 2019**. Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/lei/L13844.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13844.htm)

\_\_\_\_\_. **Medida Provisória n. 870, de 1º de janeiro de 2019**. Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/MPV/mpv870](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/MPV/mpv870).

\_\_\_\_\_. **Medida Provisória nº 1549-35, de 9 de outubro de 1997**. Dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências. <http://www.planalto.gov.br/>

[ccivil\\_03/MPV/Antigas/1549-35.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/Antigas/1549-35.htm)

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.649, de 27 de maio de 1998**. Dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9649cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9649cons.htm)

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 2.681, de 31 de julho de 1998**. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e Funções Gratificadas do Ministério da Agricultura e do Abastecimento. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D2681.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2681.htm)

\_\_\_\_\_. **Medida Provisória nº 2.216-37, de 31 de agosto de 2001**. Altera dispositivos da Lei no 9.649, de 27 de maio de 1998, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/MPV/2216-37.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2216-37.htm)

\_\_\_\_\_. **Medida Provisória nº 103, em 1º de janeiro de 2003**. Dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/MPV/Antigas\\_2003/103.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/Antigas_2003/103.htm)

\_\_\_\_\_. **Lei nº 10.683 de 28 de maio de 2003**. Dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/L10.683imprensa.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.683imprensa.htm)

\_\_\_\_\_. **Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967**. Dispõe sobre a proteção e estímulos à pesca e dá outras providências. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del0221.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0221.htm)

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007**. Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e dá outras providências. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/L11516.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11516.htm)

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.958, de 26 de junho de 2009**. Altera as Leis nos 7.853, de 24 de outubro de 1989, e 10.683, de 28 de maio de 2003; dispõe sobre a transformação da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República em Ministério da Pesca e Aquicultura; e dá outras providências. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Lei/L11958.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11958.htm)

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 7.353, de 4 de novembro de 2002**. Dispõe sobre o remanejamento dos cargos em comissão do Grupo-Direção e Assessoramento Superior- DAS que menciona; altera os Anexos II aos Decretos nos 6.099 e 6.100, ambos de 26 de abril de 2007, que aprovam, respectivamente, as Estruturas Regimentais e os Quadro Demonstrativos dos Cargos em Comissão e das Funções Gratificadas do IBAMA e do Instituto Chico Mendes; e dá outras providências. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/D7353.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/D7353.htm)

\_\_\_\_\_. **Medida Provisória nº 696, de 2 de outubro de 2015**. Extingue e transforma cargos públicos e altera a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/MPV/mpv696.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/MPV/mpv696.htm)

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 8.701 de 31 de março de 2016.** Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos cargos em comissão e das funções de confiança do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e altera o Decreto nº 5.069, de 5 de maio de 2004. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/decreto/D8701.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/decreto/D8701.htm)

\_\_\_\_\_. **Lei nº 13.266, de 5 de abril de 2016.** Extingue e transforma cargos públicos; altera a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/L13266.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13266.htm)

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 8.852, de 20 de setembro de 2016.** Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/decreto/D8852.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/decreto/D8852.htm)

\_\_\_\_\_. **Medida Provisória nº 768, de 2 de fevereiro de 2017.** Cria a Secretaria-Geral da Presidência da República e o Ministério dos Direitos Humanos, altera a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/mpv/mpv768.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/mpv/mpv768.htm)

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 9.004, de 13 de março de 2017.** Transfere a Secretaria de Aquicultura e Pesca do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e a Secretaria Especial da Micro e Pequena Empresa da Secretaria de Governo da Presidência da República para o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/D9004.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9004.htm)

\_\_\_\_\_. **Medida Provisória nº 782, de 31 de maio de 2017.** Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Mpv/mpv782.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Mpv/mpv782.htm)

\_\_\_\_\_. **Lei nº 13.502, de 1º de novembro de 2017.** Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/l13502.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/l13502.htm)

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 9.330 de 5 de abril de 2018.** Transfere a Secretaria Especial da Aquicultura e da Pesca da Presidência da República para a Secretaria-Geral da Presidência da República. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/D9330.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9330.htm)

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 10.253, de 20 de fevereiro de 2020.** Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e remaneja. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10253.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10253.htm)

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Diretrizes Ambientais para o Setor Pesqueiro.** Diagnóstico e Diretrizes para Pesca Marítima. Brasília: 1997.

BOSZCZOWSKI, A. K.; BORGHETTI, J. R. **Revisão do marco institucional, da estrutura institucional e organizacional da SEAP/PR.** Brasília: FAO, 2006.

CEARÁ. **Lei nº 16.710, de 21 de dezembro de 2018.** Dispõe sobre o modelo de gestão do poder executivo, altera a estrutura da administração estadual. <https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/orcamento-financas-e-tributacao/item/6514-lei-n-16-710-de-21-12-18-republicado-no-d-o-de-27-12-18>

COCHRANE, K. (2012). Fisheries Management. In Cochrane, K.L. (ed.). **A fishery managers guidebook.** Management measures and their application. FAO Fisheries Technical Paper. No. 424. Rome, FAO. 2002. 231p.

DIAS-NETO, José; DIAS, Jacinta. **O uso da biodiversidade aquática no Brasil: uma avaliação com foco na pesca.** Brasília: Ibama, 2015.

DIAS-NETO, José; DIAS, Jacinta. **Gestão do uso dos recursos pesqueiros no Brasil/José Dias Neto.** Brasília: Ibama, 2010. 242 p.

FAO. **Aplicação prática da abordagem ecossistêmica às pescas.** Rome. 2013. 83p

FAO. **Código de conduta para uma pesca responsável.** Roma, 1995.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura - Oportunidades y desafíos.** Roma, 2014.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura: contribución a la seguridad al.** Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma, 2016. <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>.

FAO. 2020. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020.** La sostenibilidad en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.

FAO. Enfoque ecosistémico pesqueiro. **Conceptos fundamentales y su aplicación en pesqueiras de pequeña escala de América Latina.** FAO, 2015. [www.fao.org/3/a-i4775s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i4775s.pdf)

FAO. Fisheries management. Rome, 1997. **(Technical Guidelines for Responsible Fisheries, n. 4).**

FAO. La ordenación pesquera. 2. **El enfoque de ecosistemas en la pesca.** FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. N. 4, Supl. 2. Roma, FAO. 2003. 133p

FINKBEINER, E. M. et al. **Cumulative estimates of sea turtle bycatch and mortality in USA fisheries between 1990 and 2007.** Biol. Conserv. [S.l.], vol 144, n 11. Nov 2011. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320711002965>

FAO. **The state of food and agriculture. Social protection and agriculture: Breaking the cycle of rural poverty.** Roma, 2015. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ab825d80-c277-4f12-be11-fb4b384cee35/>.

FONTENELES-FILHO, A. A. **Administração dos Recursos da Pesca e Aquicultura**. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia de Pesca. Fortaleza-CE, 1983.

FONTELES-FILHO, A. A. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, 2011.

GILLETT, R. **Global study of shrimp fisheries**. FAO Fisheries Technical Paper. Rome, FAO. n. 475, 2008. 331p.

GOMES, Luís Roberto. **Princípios constitucionais de proteção ao meio ambiente**. In: Revista de Direito Ambiental nº 16 – Doutrina Nacional, p. 164-191, 2011.

GOMES, Luís Roberto. **Crimes da Pesca**. Curitiba: Juruá, 2011.

Instituto Brasileiro de Governança Corporativa. **Código das Melhores Práticas de Governança Corporativa**. 4.ed. / Instituto Brasileiro de Governança Corporativa. São Paulo, SP: IBGC, 2009. 73 p.

IPEA. **Brasil em Desenvolvimento: Estado, Planejamento e Políticas Públicas**. IPEA, 2009

MARANHÃO. **Lei nº 10.416, de 10 de março de 2016**. Altera estrutura orgânica da Administração Pública do Poder Executivo do Estado do Maranhão e dá outras providências. <http://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=4166>

MARRUL FILHO, S. **Crise e sustentabilidade no uso dos recursos pesqueiros**. Brasília: IBAMA, 2003. 148 p.

MACHADO, Paulo Affonso Leme, **Direito Ambiental Brasileiro**. 10ª ed. Malheiros Editores. 2002.

MORAES, A. **Constituição do Brasil interpretada e legislação constitucional**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2004.

PARAÍBA. **Lei nº 8.186, de 17 de março de 2007**. Define a Estrutura Organizacional da Administração Direta do Poder Executivo Estadual e dá outras providências. [http://www.pm.pb.gov.br/arquivos/legislacao/Leis\\_Ordinarias/2007\\_DEFINE\\_A\\_ESTRUTURA\\_ORGANIZACIONAL\\_DA\\_ADMINISTRACAO\\_DIRETA\\_DO\\_ESTADO.pdf](http://www.pm.pb.gov.br/arquivos/legislacao/Leis_Ordinarias/2007_DEFINE_A_ESTRUTURA_ORGANIZACIONAL_DA_ADMINISTRACAO_DIRETA_DO_ESTADO.pdf)

PARAÍBA. **Lei nº 9.880, de 19 de setembro de 2012**. Institui a Secretaria Executiva da Pesca, na estrutura organizacional do Poder Executivo Estadual, e dá outras providências. <http://static.paraiba.pb.gov.br/2012/09/Diario-Oficial-20-09-2012.pdf>

PERNAMBUCO. **Lei nº 16.520, de 27 de dezembro de 2018**. Dispõe sobre a estrutura e o funcionamento do Poder Executivo. <https://legis.alepe.pe.gov.br/texto>

PERNAMBUCO. **Lei nº 16.561, de 27 de fevereiro de 2019**. Altera a Lei nº 16.520, de 27 de dezembro de 2018, que dispõe sobre a estrutura e o funcionamento do Poder Executivo. <https://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?tiponorma=1&numero=16561&compimento=0&ano=2019&tipo=&url=>

PERNAMBUCO. **Lei nº 15.590, de 21 de setembro de 2015**. Institui a Política da Pesca Artesanal no Estado de Pernambuco. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bra150242.pdf>

PERNAMBUCO. **Decreto nº 45.396, de 29 de novembro de 2017**. Regulamenta a execução da Política da Pesca Artesanal no Estado de Pernambuco, instituída pela Lei nº 15.590, de 21 de setembro de 2015. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bra183542.pdf>

PERNAMBUCO. **Lei nº 14.492, de 29 de novembro de 2011**. Institui o Chapéu de Palha- Pesca Artesanal, e dá outras providências. <https://www.legisweb.com.br/legislacao/>

PERNAMBUCO. **Decreto nº 38.541, de 17 de agosto de 2012**. Regulamenta o Chapéu de Palha- Pesca Artesanal, instituído pela Lei nº 14.492, de 29 de novembro de 2011, e dá outras providências. <http://legis.alepe.pe.gov.br/texto>

PIAUI. **Lei nº 7.211 de 22 de abril de 2019**. Altera a Lei Complementar nº 28, de 9 de junho de 2003; e dá outras providências. <http://www.pge.pi.gov.br/Informativo%20PGE%20N%2053.pdf>

RIO GRANDE DO NORTE. **Lei Complementar Estadual nº 163, de 5 de fevereiro de 1999**. Dispõe sobre a organização do Poder Executivo do Estado Rio Grande do Norte e dá outras providências.

RIO GRANDE DO NORTE. **Lei Complementar nº 649, de 10 de maio de 2019**. Dispõe sobre a reorganização do Poder Executivo do Estado do Rio Grande do Norte, altera a Lei Complementar Estadual nº 163, de 5 de fevereiro de 1999, e dá outras providências. [http://www.set.rn.gov.br/content/aplicacao/set\\_v2/legislacao/instrumentos/leis/set\\_outros/lc%20649-19\\_reforma\\_administrativa.pdf](http://www.set.rn.gov.br/content/aplicacao/set_v2/legislacao/instrumentos/leis/set_outros/lc%20649-19_reforma_administrativa.pdf)

ROLIM, M. H. S. **A Tutela Jurídica dos Recursos Vivos do Mar**. Editora Max Limonad, 1998.

SEIXAS, C.S.; DAVIDSON-HUNT, I.; KALIKOSKI, D.C.; BERKES, F.; CASTRO, F.; MEDEIROS, R.P.; MINTE-VERA, C.V.; ARAÚJO, L.G.; DAVY, B. **Collaborative Coastal Management in Brazil: Accomplishments, Challenges and Opportunities**. PEOPLE IN PLACES CONFERENCE. Halifax, CA, 26 a 29 de junho de 2011

SERGIPE. **Lei nº 8.496, de 28 de dezembro de 2018**. Dispõe sobre a Estrutura Organizacional Básica da Administração Pública Estadual – Poder Executivo, e dá providências correlatas. [https://segov.se.gov.br/pagina.jsp?id\\_pag=37](https://segov.se.gov.br/pagina.jsp?id_pag=37)

SILVA, P. M. et al. **O Mar – Direito e Ecologia**. Fundação Getúlio Vargas, Instituto de Documentação, Serviço de Publicações. Rio de Janeiro, 1973.

SILVINO, A. S. C. 2003. Monografia. **Direito Ambiental & a Atividade Pesqueira**.

TRINDADE, Washington Luís da. **Compêndio de Direito do Trabalho Marítimo, Portuário e Pesqueiro**.

# BIOESTATÍSTICA E A AVALIAÇÃO DE ESTOQUES

12

Marcelo Francisco de NÓBREGA<sup>1</sup>  
Rosangela P. Teixeira LESSA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

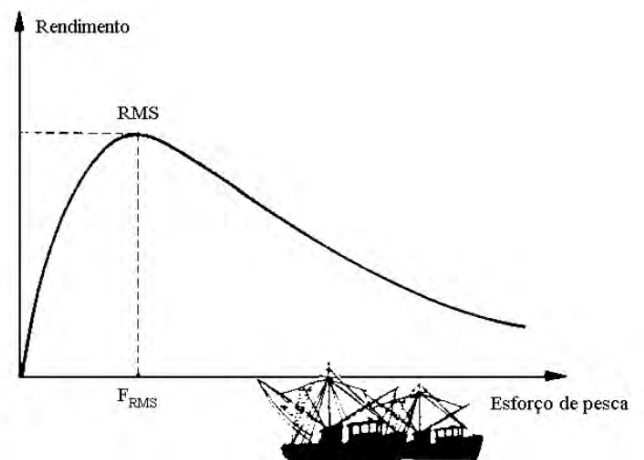
## 1. AVALIAÇÃO DE ESTOQUES

A avaliação de estoques analisa as modificações sofridas pela população sob o impacto do efeito predador da pesca, que implica tanto uma retirada maciça de biomassa num espaço de tempo relativamente curto e com alta intensidade, como uma modificação estrutural da mesma, que inicialmente é um reflexo do padrão de exploração comercial e, posteriormente, um mecanismo de adaptação pelo qual a população tenta manter-se em equilíbrio (Fonteles-Filho, 1989).

A finalidade básica de avaliar um estoque é estimar um valor máximo sustentável para os recursos aquáticos vivos (Sparre & Venema, 1995). Os recursos vivos são limitados, mas renováveis. A avaliação de estoques de peixes pode ser definida como a busca do nível de exploração que permite obter, em longo prazo, um rendimento máximo em peso de uma pescaria (Fig. 12.1).

Previsões quali-quantitativas sobre os limites naturais e sustentáveis de produção, reações das populações à pesca e riscos de sobrepesca

são os aspectos atualmente enfocados quando se tem como objetivo promover boas relações entre comunidade, indústria e produção dentro de programas de manejo pesqueiro (Longhurst & Pauly, 1987).



**Figura 12.1** Objetivo básico da avaliação de estoques de peixes, estimar um esforço de pesca ( $F_{RMS}$ ) para um rendimento máximo sustentável (RMS). **Fonte** Sparre e Venema (1997).

## 2. A FORMULAÇÃO DA DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE PEIXES

A bioestatística- aplicação da estatística no campo biológico- é a base dos modelos e formulações da dinâmica de populações de peixes. Populações de peixes estão sujeitas a muitas mudanças em resposta à pesca. Estas mudanças incluem o número total, biomassa total, distribuição de frequência de tamanho, estrutura de idade e distribuição espacial. As ciências pesqueiras desenvolvem modelos estatísticos e matemáticos para descrever esse processo e compreender a dinâmica das populações exploradas.

Considerando-se que seja possível entender como as populações respondem para diferentes perturbações, é possível então, direcionar o manejo destas pescarias de acordo com alguns objetivos escolhidos.

A surpreendente abundância local de muitas espécies de peixes no mundo pode ter levado pescadores a acreditar que a pesca não causaria impacto aos estoques. Esta errônea intuição é bem ilustrada por um dos mais famosos cientistas do século XIX. Thomas Huxley (Fig. 12.2) ficou impressionado pela abundância de muitas populações de peixes. Em um artigo publicado em 1881 (Haddon, 2001), ele calculou o número de peixes em um simples cardume de sardinha do Mar do Norte (Fig. 12.3).

*“Nestes cardumes os peixes estão agrupados, como um rebanho de carneiros ao longo de um pasto, sendo seguro assumir que existe no mínimo um peixe para cada 1,8 metros cúbicos de água ocupado pelo cardume. Assim sendo, cada milha quadrada de tal cardume, supondo que ele tem no mínimo 5,4 metros de profundidade, devem conter mais que 500 milhões de sardinhas”*  
(Huxley, 1881).



**Figura 12.2** Thomas Henry Huxley, biólogo Inglês, 1881. Huxley foi Inspector da Pesca na Inglaterra, de 1881 a 1885. Ele era um proeminente defensor de Darwin na controvérsia que se alastrou sobre sua teoria da evolução no século XIX. Dos desenhos animados da série Retrato Fantasia de Edward Linley Sambourne para Punch. (Londres, 19 de março de 1881). **Fonte** <https://www.agefotostock.com/age/en/Stock-Images/Rights-Managed/HEZ-1158217>.

Huxley foi explícito sobre sua crença que pescarias humanas não deveriam ter um impacto negativo sobre estoques de peixes marinhos. Em discurso feito em 1883, ele clamou que a maioria das populações de peixes eram tão numerosas e fecundas que não deveriam ser afetadas pela atividade da pesca humana (Haddon, 2001).

*“Eu acredito que as pescarias de bacalhau, sardinhas, escombrídeos e provavelmente todas as grandes pescarias marinhas são inexauríveis: isto quer dizer que em nada nós seriamente afetamos o número de peixes. Alguma atenção para regular essas pescarias parece ser, devido à natureza desse caso indispensável” (Huxley, 1884).*

Para muitas pessoas, ainda não é perceptivo que explorações sem limite dos recursos pesqueiros podem impactar as populações, mas as evidências nesse sentido são claras. O lamentável pseudo experimento de interrupção de todas as pescarias comerciais no Mar do Norte, durante os anos da Primeira Guerra Mundial demonstrou conclusivamente que os níveis de captura eram muito altos na Europa. Essa interrupção

das pescarias permitiu que os estoques se recuperassem, resultando em capturas muito superiores em peso e em tamanhos dos exemplares após a guerra. Lamentavelmente, este horrível experimento foi repetido durante a Segunda Guerra Mundial (Fig. 12.3) com os mesmos resultados (Smith, 1988).

Apesar de todas essas evidências, o debate sobre a necessidade de avaliar e manejar estoques de peixes continuou por muitas décadas (Hardy, 1959; Smith, 1994). O desenvolvimento das ciências pesqueiras promoveu a mudança de percepção, mas isto demorou no mínimo três décadas dentro do século XX, quando outras análises matemáticas e não apenas simples sumários de captura por unidade de esforço foram consideradas. Russel (1931) definiu o problema de sobreexploração como uma expressão algébrica.



**Figura 12.3** Embarcações da frota de bacalhau de Portugal, durante a Segunda Guerra Mundial pintadas de branco, simbolizando a neutralidade portuguesa e paradas nos portos da região. **Fonte** [https://www.uc.pt/feuc/ultimo\\_mes/docs/2017/junho/2017\\_-\\_06\\_-\\_10\\_-\\_Expresso\\_-\\_Cobaias.pdf](https://www.uc.pt/feuc/ultimo_mes/docs/2017/junho/2017_-_06_-_10_-_Expresso_-_Cobaias.pdf)

*“O meu objetivo aqui é formular um simplificado e geral caminho dentro de um tratamento matemático, o amplo fato do caso, para estabelecer uma simples linguagem dos princípios elementares que estão à volta de todos que lidam com o problema da racional exploração de recursos pesqueiros”*

Russel reconheceu que um estoque deve ser dividido em animais de tamanhos sujeitos as capturas (geralmente recrutado para pescaria) e aqueles menores que este limite. Ele também considerou apenas estoques completos, de tal modo que a emigração e imigração eram irrelevantes. Russel focalizou o que induziria o aumento da população e o que levaria ao declínio. Ele sumarizou a dinâmica da biomassa do estoque como:

$$S_{i+1} = S_i + (A+G) - (C+M)$$

Onde  $S_i$  é a biomassa do estoque no ano  $i$ ,  $A$  é a soma do peso inicial de todos os indivíduos recrutados para o estoque a cada ano,  $G$  é a soma do crescimento em biomassa de indivíduos geralmente recrutados para o estoque,  $C$  é a soma do peso de todos os peixes capturados e  $M$  é a soma do peso de todos os peixes que morreram de causas naturais durante o ano. Atualmente são utilizadas letras diferentes ( $B_{i+1} = B_i + (R+G) - (F+M)$ ) para a equação proposta por Russel. O essencial aspecto da dinâmica dos estoques de peixes, formulado por Russel, foi que a biomassa do estoque tem ganhos (recrutamento e crescimento individual) e perdas (mortalidade por pesca e natural).

Os trabalhos de Russel tiveram uma grande influência (Beverton & Holt, 1957; Hardy, 1959; Krebs, 1985). Beverton e Holt (1957) apontaram outros autores que identificaram princípios básicos da dinâmica de populações de peixes explorados antes de Russel (Petersen, 1903; Baranov, 1918). Contudo, Russel teve uma maior influência, com outros autores apresentado maior interesse histórico. Trabalhos de Baranov foram muito avançados para seu tempo,

eles foram publicados em Russo e apenas realmente reconhecidos bem mais tarde (Ricker, 1975). Russel categorizou e estimou modelos estruturados por idade ou tamanho e espacialmente, sendo o principal foco dos cientistas de pescarias a partir daí. Os detalhes dos métodos de modelagem destes processos têm variado grandemente, mas a ideia central sempre converge na equação descrita acima formulada por Russel.

Fatores óbvios ausentes das formulações de Russel são os efeitos de outras espécies (competição, predação, etc.) e do ambiente físico onde as espécies vivem, podendo incluir os efeitos como *El Niño* ou estresse por poluição (Pitcher & Hart, 1982). Durante muito tempo os efeitos de outras espécies e características físicas do ambiente foram ignorados nas avaliações de estoques. Entretanto, existe um movimento em direção a considerar a avaliação do ecossistema e o manejo de multi-espécies (Pitcher, 2001; Pauly et al., 2001). Manejo do ecossistema tornou-se uma política real à medida que técnicas estão sendo desenvolvidas para entender a dinâmica do ecossistema em um caminho integrado de manejo.

A intuição das ciências quantitativas de pescarias do início do século XX é semelhante aos tempos atuais. No entanto, o interesse agora está no manejo do ecossistema e de multiespécies, com atenção a princípios da precaução e criação de áreas protegidas, podendo ser vistos como medidas adotadas que refletem um novo conjunto de intuições sobre estoques explorados e as interações com o ambiente e com o próprio homem.

Uma quantidade razoável de métodos foi desenvolvida nas últimas décadas para avaliação de recursos pesqueiros, métodos baseados em modelos de produção (Schaefer, 1954; 1969; Ricker, 1975; Gulland, 1983; Hilborn & Walters, 1992; Winker et al., 2018) e métodos estruturados por tamanhos e idades (Thompson & Bell, 1934; Beverton & Holt, 1957, 1966; Gulland, 1965; Pope, 1972; Jones, 1984; Punt et al., 2001; Ferrandis, 2007 e Ferrandis & Hernández, 2007).



Nos últimos anos, observa-se ainda uma tendência de inclusão das incertezas nos pressupostos e taxas estimadas por modelos de produção e estruturados por idade e tamanhos, em abordagens de Análise Bayesiana para avaliação de estoques (Collie & Walters, 1991; Walters & Ludwig, 1994; Kinas, 1996; Maclister & Ianelli, 1997). Uma outra direção, extremamente mais abrangente que os modelos para avaliação de simples espécies, utilizam modelos de simulação tais como ECOPATH ou ECOSIM (Walters et al., 1997), que avaliam numericamente o impacto no ecossistema das pescarias e realizam simulações entre elementos do ecossistema (interações tróficas na cadeia alimentar), para prever uma revisão dos mecanismos de mudança do ambiente marinho, dependendo do esforço de pescarias.

Os modelos chamados de produção, conhecidos pelo termo em inglês *Surplus Production Model*, consideram apenas dados de captura (biomassa) e esforço (número de equipamentos utilizados na captura e tempo de permanência na água), para o cálculo de índices de abundância relativos, denominado CPUE (captura por unidade de esforço). Uma das primeiras formulações desse modelo relata a equação da dinâmica de estoque descrita por Russell (1931). Nas décadas seguintes, outros modelos foram derivados dessa primeira formulação, assumindo uma equação logística, como Shaefer (1954), Fox (1970) e Pella e Tomlinson (1969):

$$B_{t+1} = B_t + f(B_t) - (C_t) \text{ Russell (1931)}$$

Onde  $B_{t+1}$  é a biomassa explorável no fim do ano  $t$ ;  $B_t$  é a biomassa explorável no início do ano  $t$ ;  $f(B_t)$  a produção de biomassa, como uma função da biomassa no início do ano  $t$ ;  $C_t$  a biomassa capturada durante o ano  $t$ .

$$f(B_t) = rB_t \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) \text{ Shaefer (1954)}$$

$$f(B_t) = \text{Ln}(k) rB_t \left[ \left(1 - \frac{\text{Ln}(B_t)}{\text{Ln}(k)}\right) \right] \text{ Fox (1970)}$$

$$f(B_t) = \frac{r}{p} B_t \left[ 1 - \left(\frac{B_t}{K}\right)^p \right] \text{ Pella e Tomlinson (1969)}$$

Onde,  $r$  é um parâmetro de taxa de crescimento do estoque (derivado da taxa intrínseca de aumento natural),  $K$  é a biomassa virgem ou o nível de biomassa média para exploração (derivado da ideia de capacidade suporte).

Esses modelos, estão entre os que requerem a menor quantidade de parâmetros populacionais e dados, podendo ser utilizados para produzir estimativas de Rendimento Máximo Sustentável (RMS) (Fig. 12.4). Apesar de uma série de limitações (Wang et al., 2014), representam a melhor opção para avaliar estoques, quando se tem dados e informações limitadas das pescarias (Dichmont et al., 2016).

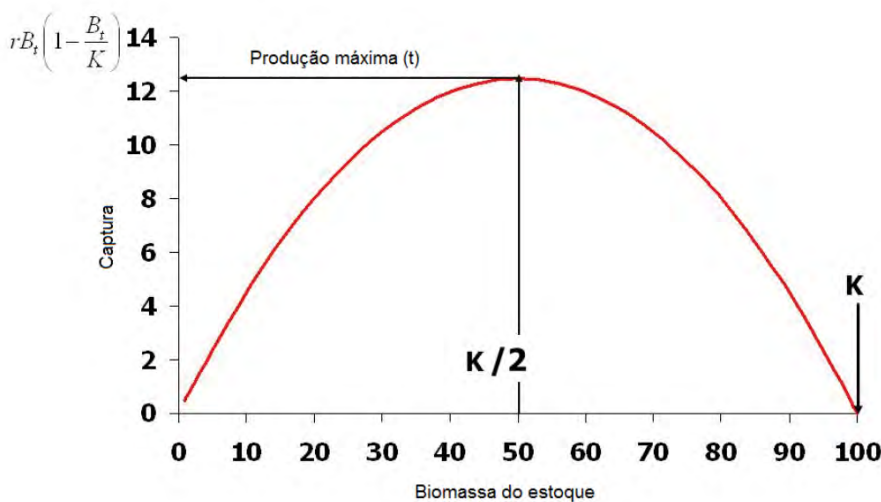


Figura 12.4 Modelo de produção para avaliação de estoques pesqueiros.

De uma forma geral, os modelos de produção identificam alterações da abundância em função da biomassa do ano anterior, do excedente de produção de biomassa e da remoção pela pesca na forma de captura, considerando dois principais parâmetros: a taxa intrínseca de aumento populacional ( $r$ ) e a capacidade suporte do estoque ( $K$ ). O modelo requer um índice de abundância, registros de captura e uma estimativa da biomassa inicial (Prager, 1994). Uma limitação desses modelos de produção é que ignoram a estrutura de tamanho e idade do estoque, o recrutamento e a mortalidade (Aalto et al., 2015). Apesar dessas limitações, novas metodologias de ajustes nos procedimentos dos modelos de produção estão sendo desenvolvidas, uma vez que eles são largamente utilizados por organizações regionais de gestão de pescarias em vários países.

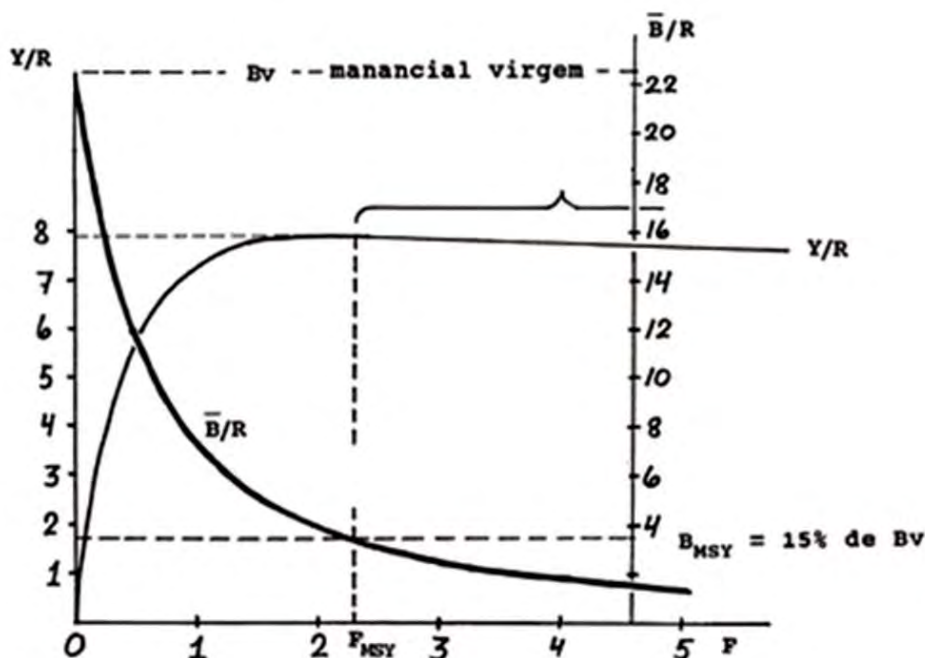
A estrutura bayesiana que vem sendo incorporada a esses modelos de produção pode reduzir incertezas sobre estimativas do tamanho do estoque, produtividade, biomassa e capacidade de suporte dos estoques. Uma nova metodologia publicada recentemente (Winker et al., 2018), chamada *Just Another Bayesian Biomass Assessment* (JABBA), pode ser traduzida como “apenas mais uma avaliação de biomassa bayesiana”. Essa metodologia é um modelo generalizado de produção Bayesiano e representa uma abordagem inovadora para modelagem dinâmica da biomassa de estoques comercialmente explorados.

Uma outra classe de modelos de avaliação de estoques, chamados de modelos analíticos, analisam o efeito das pescarias sobre as classes de tamanhos e idades dos recursos, considerando as características de crescimento, reprodução, recrutamento, mortalidade e sobrevivência de cada coorte do estoque (exemplares provenientes de uma mesma desova, que apresentam a mesma classe etária). Diferentemente dos modelos de produção, que assumem um estoque como uma biomassa total, os modelos analíticos estimam o efeito da exploração pesqueira sobre uma determinada classe etária do estoque.

Os modelos analíticos de avaliação de estoques incluem a Análise de População Virtual (VPA). Basicamente, esse modelo analisa as capturas da pesca comercial, combinadas com informações detalhadas sobre qual a contribuição de cada coorte para o rendimento e a biomassa total do estoque. A palavra virtual, introduzida por Fry (1949), é baseada em uma analogia com a imagem virtual, derivado da física. Uma população virtual não é a população real, mas é a única que é mensurável. A ideia que fundamenta o método é analisar aquilo que é mensurável, a captura, de forma a calcular a população que deve ter existido para produzir essa captura (Sparre & Venema, 1997).

Outros modelos foram desenvolvidos considerando o efeito que uma pescaria tem sobre uma determinada classe anual do estoque baseado em idades e comprimentos, como análise de Pope (1972), revista por Jones (1984) e Pauly (1984). Modelos analíticos que visam o futuro são chamados de métodos de projeção, como Thompson e Bell (1934). Um modelo mais simples de projeção foi desenvolvido por Beverton e Holt (1957); apesar da facilidade das estimativas ele utiliza suposições rigorosas como o equilíbrio da população, taxas de exploração da população constante durante anos. Através deste modelo é possível calcular taxas de exploração sustentáveis, utilizando o rendimento de uma classe anual, ou seja, supõe que o recrutamento independe do tamanho da população e a produção é calculada sob a forma de produção por recruta (Fig. 12.5). Esse modelo visa estimar uma taxa de exploração máxima sustentável para os estoques.

Esses modelos analíticos de avaliação de estoques necessitam informações precisas dos recursos pesqueiros estudados, referentes aos parâmetros de crescimento, reprodutivos, das taxas de mortalidades natural e por pesca, da seletividade dos aparelhos de pesca e do recrutamento. Os dados de entrada para os modelos de avaliação de estoques estruturados em tamanhos ou idades, requerem informações das capturas das pescarias



**Figura 12.5** Modelo de rendimento por recruta de Beverton e Holt (1957).  $Y/R$  representa o rendimento por recruta,  $\bar{B}/R$  é a biomassa por recruta,  $B_v$  a biomassa virgem do estoque;  $F_{MSY}$  é a mortalidade por pesca que representa o rendimento máximo sustentável por recruta. **Adaptado** de Sparre e Venema (1997).

comerciais e a frequência de exemplares capturados por classes de comprimentos e etárias, sendo posteriormente calculadas mortalidades naturais e por pesca, a sobrevivência e as biomassas por classes etárias. Essas análises permitem estimar a biomassa total do estoque e o rendimento (capturas anuais do estoque), resultando na proporção que é retirada do estoque anualmente, permitindo utilizar modelos de projeções para capturas futuras e sugerir taxas para a exploração sustentável dos recursos.

Atualizações dos modelos de avaliações de estoques tem focado em métodos que aplicam algoritmos para estimar *bootstraps* e simulações de Monte Carlos, que minimizam e quantificam as incertezas dos parâmetros populacionais estimados pelos modelos estruturados por coortes de idades, referentes as análises de mortalidades (curva de captura) e recrutamento (Haddon, 2001) (Ver capítulo: [Introdução à oceanografia pesqueira](#)).

### 3. SITUAÇÃO DOS ESTOQUES PESQUEIROS NO MUNDO

Segundo a Organização da Agricultura e Alimento das Nações Unidas (FAO, 2000) a partir de 1995 houve um aumento dos níveis de captura das pescarias no mundo, sendo capturado uma média anual de 84 milhões de toneladas em ambientes marinhos. Um trabalho publicado por Watson e Pauly (2001), demonstrou que na realidade o total de peixes marinhos capturado tem declinado desde a década de 1980, diminuindo a uma taxa de 0,4 milhões de t por ano (Zeller & Pauly, 2005). O aparente aumento a partir de metade da década de 1990 se deve a estatísticas de capturas infladas registradas na China, a maior nação pesqueira do mundo (Hart & Heynolds, 2002).

Apesar da grande capacidade de produção de recursos renováveis nos ambientes marinhos, documentos elaborados pelo Banco Mundial e pela FAO discutem a reformulação das pescarias e estimam perdas econômicas nas três últimas décadas de 2 trilhões de dólares (Kelleher et al., 2009), devido ao estado de sobrepesca dos

estoques com consequente declínio das capturas (Jackson, 2001; Myers et al., 2001; Pauly et al., 1998). Por sua vez, o uso das técnicas de manejo para recuperar o potencial de rendimentos do passado, obtido em ecossistemas distintos dos que existem hoje é preocupante (Thrush & Dayton, 2010), devido ao papel da pesca na degradação do ambiente marinho e alterações climáticas e oceanográficas.

Existe uma tendência global do aumento do esforço de pesca e poder de captura (Gréboval, 2003). Estimativas da FAO (2000) apontam que entre 47-50% dos estoques de peixes do mundo são explorados em seu limite, 15-18% sobreexplorados e 9-10% completamente esgotados. O declínio das capturas a partir de 1998 foi primeiramente atribuído ao fenômeno *El Niño* em 1997 e 1998. Isto influenciou na região do Sudeste do Pacífico, uma das regiões que contribuem com a maior parte de peixes marinhos, principalmente a anchoveta (*Engraulis ringens*) e o carangideio *Trachurus murphyi*.

Uma crise global nas pescarias marinhas foi interpretada com ceticismo por muitos pesquisadores há aproximadamente 10 anos. Hoje, todos estão convencidos da clara situação de sobrepesca dos estoques de peixes no mundo (Morato et al., 2006). O alto esforço de pesca tem um grande impacto nas espécies capturadas e tem fundamentalmente alterado ecossistemas marinhos (Jackson et al., 2001; Pitcher, 2001), incluindo recifes de corais (Pandolfi et al., 2003). Um intenso declínio de grandes predadores (Baum et al., 2003; Christensen et al., 2003; Myers & Worm, 2003) tem direcionado pescarias para espécies de níveis tróficos inferiores, em um processo chamado “pescarias abaixo da cadeia alimentar marinha” (Pauly et al., 1998a).

Recentemente, pescarias estão sendo direcionadas de áreas costeiras para áreas oceânicas e um declínio geral tem sido registrado (Baum et al., 2003; Christensen et al., 2003; Myers & Worm, 2003). Como consequência, muitas espécies marinhas necessitam de medidas de conservação (Casey & Myers, 1998; Sadovy & Cheung, 2003). Com o declínio de recursos

pesqueiros de águas costeiras, aumento da demanda e desenvolvimento de novas tecnologias, pescarias estão se expandindo para mar aberto, direcionadas para atuns, agulhões e afins (Christensen et al., 2003; Pauly et al., 2003) e em águas profundas (Gianni, 2004).

Segundo Morato et al. (2006), pescarias marinhas de peixes demersais apresentaram um aumento médio da profundidade de atuação de 42 m nos últimos 50 anos, variando de 103 m no início de 1950 para 145 m em 2001. Peixes de águas profundas possuem geralmente alta longevidade, crescimento lento, maturidade tardia e baixas fecundidades, sendo considerados mais vulneráveis para exploração que a maioria dos recursos explorados na plataforma continental, talude continental ou em ecossistemas pelágicos oceânicos. Estoques de águas profundas podem ser rapidamente esgotados e sua recuperação é muito mais lenta (Morato et al., 2006) (Ver capítulo: [Mar profundo: registro da história e organismos do Nordeste do Brasil - Vol.1](#)).

## 4. SITUAÇÃO DOS ESTOQUES NO BRASIL

No Brasil, o cenário pesqueiro é semelhante às tendências de estoques explorados em todo o mundo, que se encontram no limite ou sobrepescados. A regulamentação da pesca no Brasil pode ser dividida em três fases distintas, estando completamente relacionada à situação atual de sobrepesca dos estoques:

### 4.1. SUDEPE

No período até fevereiro de 1989, em que ocorreu a extinção da Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE), aconteceu o apogeu e o declínio da pesca nacional. A SUDEPE tinha, sob sua competência, todos os principais instrumentos de administração da atividade pesqueira e da gestão do uso da biodiversidade aquática. O declínio ou

fracasso do modelo adotado pela SUDEPE pode ser explicado pelo inadequado uso de incentivos fiscais e de créditos, o pequeno apoio à pesca artesanal ou de pequena escala e, principalmente, o estado de sobreexploração dos principais recursos ou mesmo o colapso de recursos importantes como a sardinha (*Sardinella brasiliensis*). A pesca da sardinha, após uma produção recorde de 230.000 t, em 1973, declinou para 32.000 t, em 1990, recuperando-se, em 1997, para 117.642 t. Entretanto, em 2001 a produção despencou para apenas 17.000 t.

#### 4.2. IBAMA

O IBAMA herdou uma crise significativa com queda na produção da pesca extrativa nacional e principais recursos pesqueiros em situação de sobreexploração. A política empreendida pelo IBAMA, no período de 1989 a 1995, esteve concentrada em ações que visavam à recuperação dos recursos pesqueiros em situação de sobreexploração ou ameaçada de sobreexploração. Essa linha de atuação contemplava, também, a recuperação dessas pescarias. Assim, o IBAMA definiu e implementou medidas de recuperação de recursos como a sardinha (*Sardinella brasiliensis*) e o pargo (*Lutjanus sp.*), dentre outros.

#### 4.3. DPA - MAPA, SEAP e MMA

Esta fase teve início com a criação do Grupo Executivo do Setor Pesqueiro (GESPE), subordinado à Câmara de Política dos Recursos Naturais, do Conselho de Governo, em novembro de 1995, e secretariado pelo então Ministério da Marinha. Como o GESPE não era uma instituição executiva, logo surgiu a alternativa do Departamento de Pesca e Aquicultura- DPA, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA. Com a edição da Medida Provisória nº 2216-37/2001, as competências do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do MAPA ficaram em um mesmo nível hierárquico, entretanto dividindo a gestão dos Recursos: as espécies sobreexploradas e as ameaçadas de sobreexploração

seriam de responsabilidade do MMA, e as inexplotadas ou subexploradas do DPA-MAPA.

A Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP) foi criada em 2003, herdando a divisão dos estoques com o MMA. A Secretaria iniciou seus trabalhos revigorando os incentivos fiscais e créditos. Atualmente metas da secretaria apontam para uma elevação da produção de pescado para 20 milhões de toneladas por ano, sendo que a produção atual é de aproximadamente 1 milhão de toneladas (englobando pesca extrativa e aquicultura). Estas metas têm preocupado a comunidade científica pesqueira do Brasil, considerando os resultados gerados nos 10 anos de estudos do Programa REVIZEE, que indicam recursos costeiros e estoques tradicionais, em sua ampla maioria sobreexplorados ou no limite de exploração (MMA, 2006) (Ver capítulo: O ordenamento pesqueiro brasileiro, competência e instrumentos de gestão).

Os resultados do Programa REVIZEE na região Nordeste do Brasil apontam para maioria dos estoques de peixes recifais plenamente explorados ou sobreexplorados (MMA 2006). Algumas dessas espécies como a guaiúba (*Ocyurus chrysurus*), a cioba (*Lutjanus analis*) e o sirigado (*Mycteroperca bonaci*) foram incluídas na Lista Nacional de Espécies Ameaçadas na IN MMA nº 05, necessitando de medidas de manejo. O grande desafio atual na região é criar medidas que visem o ordenamento dos principais recursos pesqueiros, cujos estudos do Programa REVIZEE geraram importantes informações sobre os aspectos do crescimento e dos níveis de exploração.

O Brasil apresenta um cenário da estatística pesqueira com ausências de informações de sua produção desde 2010. A produção de pescado do Brasil em 2010 foi de 1.264.765 t, sendo a pesca extrativa marinha a principal fonte de produção de pescado nacional, responsável por 536.455 t ou 42,4% do total de pescado (MPA, 2010). A carência de informações de um programa nacional de estatística pesqueira dificulta a adoção de medidas de ordenamento e conservação adequada da pesca, principalmente para as espécies de interesse comercial.

## 5. PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS VIVOS DA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA BRASILEIRA (PROGRAMA REVIZEE)

Uma nova ordem jurídica internacional relativa aos espaços marítimos proposta pela Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar (CNUDM) foi assinada pelo Brasil em 1982, sendo ratificada em dezembro de 1988. Essa nova ordem jurídica instituiu o direito dos estados costeiros de explorar e aproveitar os recursos naturais da coluna d'água, do solo e subsolo dos oceanos, presentes na sua Zona Econômica Exclusiva (ZEE). Dessa forma, o Brasil assumiu uma série de direitos e deveres frente à comunidade nacional e internacional. Dentre tais compromissos, destacavam-se aqueles relacionados à exploração, aproveitamento, conservação e gestão dos recursos vivos da Zona Econômica Exclusiva, na ótica de uso sustentável do Mar (MMA, 2006).

A fim de cumprir os compromissos assumidos junto à comunidade internacional, teve início em 1995 o Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva do Brasil (REVIZEE), coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente, cujo objetivo central foi o levantamento dos potenciais sustentáveis de captura dos recursos vivos na ZEE brasileira.

Visando à implementação operacional do Programa REVIZEE, a ZEE foi dividida em quatro grandes regiões: Norte, Nordeste, Central e Sudeste-Sul, de acordo com suas características oceanográficas, biológicas e tipo de substrato dominante (MMA, 2006). A região Nordeste abrangeu os limites da foz do Rio Paranaíba até Salvador, incluindo os Arquipélagos de Fernando de Noronha, de São Pedro e São Paulo e o Atol das Rocas (Fig. 12.6).



**Figura 12.6** Divisão do Programa REVIZEE na Zona Econômica Exclusiva Brasileira. **Fonte** [https://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/\\_arquivos/rel\\_executivo\\_revizee.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/_arquivos/rel_executivo_revizee.pdf).

### 5.1 Programa REVIZEE SCORE-NE

A pesca artesanal marinha na região Nordeste é composta por aproximadamente 510 comunidades e envolve diretamente 200.000 pessoas (IBAMA, 2002). O processo produtivo na plataforma continental e regiões estuarinas emprega técnicas de captura simples ou mesmo rudimentares. Além disso, na região Nordeste há predominância de embarcações de pequeno porte, em sua maioria movida à vela e com pequena autonomia de pesca. A produção é composta por capturas da frota artesanal. Segundo Paiva (1997), esta frota

contribuiu com cerca de 75% das capturas realizadas, em uma região caracterizada por uma elevada riqueza de espécies e baixas biomassas específicas.

A baixa biomassa específica dos recursos pesqueiros da região Nordeste é explicada por condições oceanográficas e hidrológicas, características das costas oeste dos continentes (Lalli & Parsons, 1997). A predominância de águas quentes e uma termoclina permanente impedem a circulação vertical de massas de água, o que dificulta o aporte de nutrientes de regiões mais profundas e determina a baixa produtividade primária observada na região. Consequentemente, todos os níveis tróficos da cadeia alimentar marinha da plataforma continental do Nordeste apresentam baixa abundância.

Essas condições citadas acima não atraem empresas de pesca e determina um cenário extremamente descentralizado de desembarques e comercialização do pescado (Fig. 12.7). Essa característica, exigiu que a sub-área da Dinâmica de Populações do Programa REVIZEE no Nordeste organizasse uma ampla rede de coleta de informações simultânea em todo o litoral do Nordeste, que fosse o mais abrangente possível, fornecendo um retrato próximo de todo o cenário pesqueiro da região e que permitisse identificar e inventariar os recursos mais importantes explorados

pela frota artesanal na ZEE do Nordeste.

Nesse sentido, uma análise dos Boletins Estatísticos da Pesca (ESTATPESCA-IBAMA) dos anos de 1991 a 1997 foi realizada, a fim de identificar as localidades que apresentavam os maiores volumes desembarcados na região Nordeste. De posse dessas informações, um grupo de bolsistas de iniciação científica (ITI) e desenvolvimento tecnológico industrial (DTI) foram treinados e distribuídos nas comunidades pesqueiras mais importantes da região Nordeste.

Os locais de amostragens estiveram distribuídos ao longo da costa da região Nordeste nas seguintes localidades: Bahia - Arembepe, Itacimirim e Praia do Forte; Alagoas- Maceió e Pontal do Peba; Pernambuco- São José da Coroa Grande, Tamandaré, Candeias, Recife, Olinda, Janga, Pau Amarelo, Itamaracá e Ponta de Pedras; Rio Grande do Norte- Baía Formosa (Fig. 12.8) e Caiçara do Norte (Fig. 12.9); Ceará- Camocim e Fortaleza (Fig. 12.10). Nas localidades de Arembepe (BA), Maceió (AL), Tamandaré (PE), Recife (PE), Fortaleza (CE) e Camocim (CE) as amostragens eram realizadas diariamente, já nos outros locais bolsistas deslocavam-se semanalmente até essas localidades para amostrar os desembarques.



**Figura 12.7** Desembarque na localidade de Caiçara do Norte, no Rio Grande do Norte. **Foto** Marcelo Nóbrega.



**Figura 12.8** Embarcações cujos desembarques foram acompanhados em Baía Formosa-RN. **Foto** Marcelo Nóbrega.



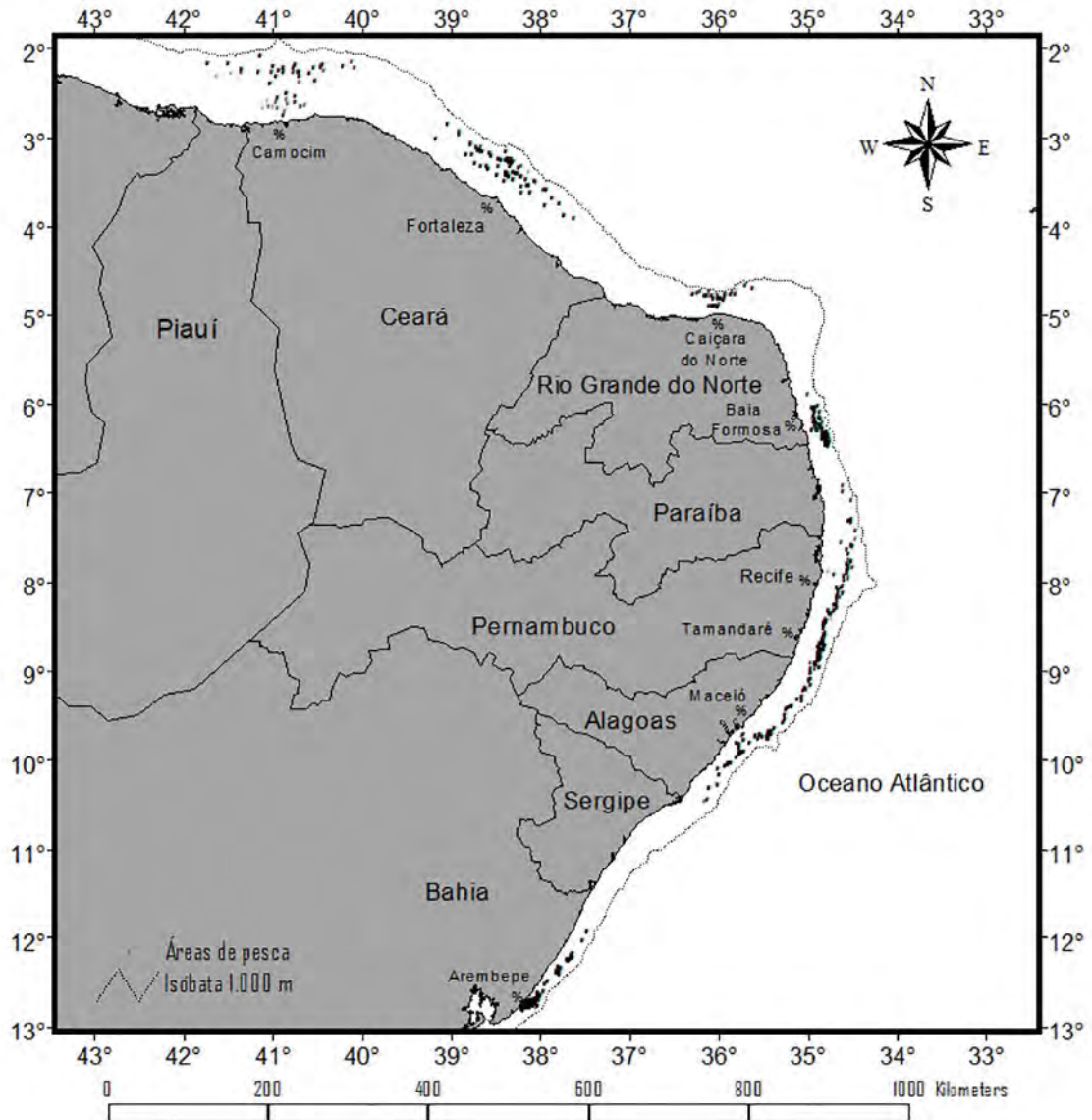
**Figura 12.9** Caiçara do Norte-RN e a frota pesqueira artesanal cujos desembarques foram acompanhados. **Foto** Marcelo Nóbrega.



Foram amostrados 2.998 desembarques, totalizando 152,64 t de pescados capturados, onde foram identificados e medidos 60.109 exemplares de 154 diferentes espécies. Um total de 550 áreas de pesca (Fig. 12.11) cuja frota atuou nas capturas, foram identificadas (latitude, longitude e profundidade).

< **Figura 12.10** Tipo de embarcação bote a vela cujos desembarques foram acompanhados na região de Camocim-CE. **Foto** Daniel Loebmann.





**Figura 12.11** Áreas de pesca onde as capturas foram realizadas e localidades (•) de amostragem dos desembarques acompanhados da frota artesanal no Nordeste brasileiro (Programa REVIZEE).

## 5.2. Avaliações de estoques dos recursos pesqueiros do Nordeste brasileiro

A seguir, são apresentadas as avaliações de estoques dos principais recursos estudados no Programa REVIZEE, entre 1998 e 2000, na região Nordeste do Brasil.

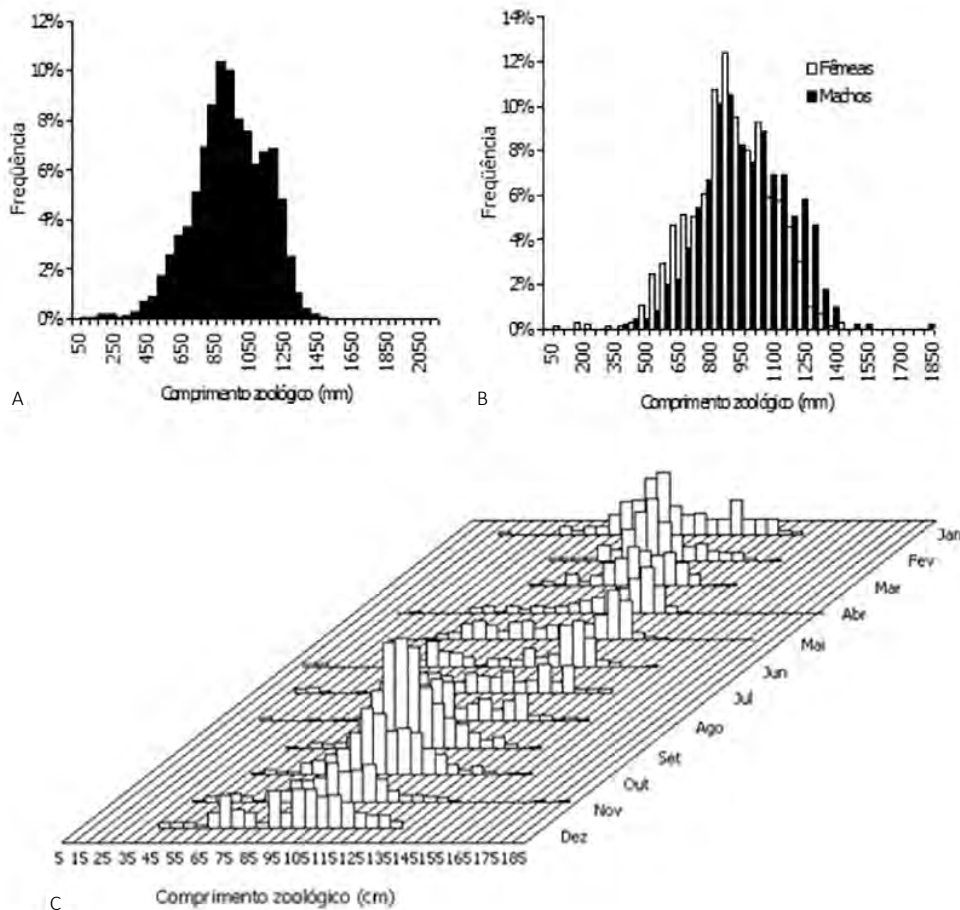


**Nome científico** *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758  
**Família** Coryphaenidae **Nome vulgar** Dourado

O dourado se distribui na ZEE Nordeste da foz do Rio Parnaíba, Piauí (2,47° S e 41,77° W) até Salvador, Bahia (13° S e 38,38° W). Também habita as águas oceânicas. É capturado com maior frequência entre as isóbatas de 50 e 500 metros. Capturas de exemplares são realizadas pela linha de mão de superfície. *C. hippurus* possui a maior abundância nos estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará. Já na zona oceânica, são capturados acidentalmente com o espinhel pelágico dirigido para a pesca do espadarte (*Xiphias gladius*) e de atuns (*Thunnus* spp.).

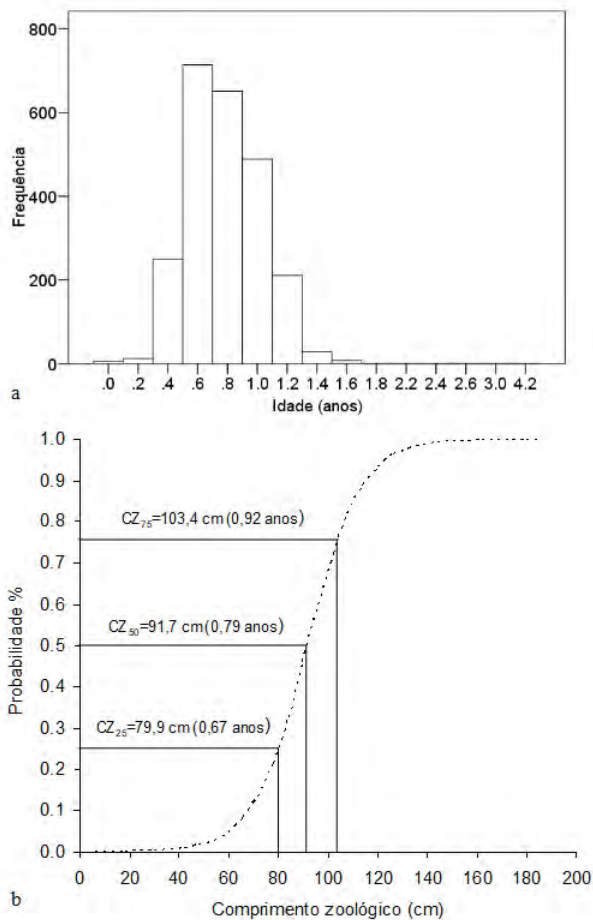
Os comprimentos amostrados em toda a região Nordeste (n = 3.274), através da pesca com linha de mão, variaram entre 105 e 1.805 mm (Fig. 12.12A), com a grande maioria dos indivíduos entre 900 e 1.000 mm CZ. Não houve diferença significativa

entre os sexos (ANOVA-P>0,05); os menores indivíduos foram fêmeas, enquanto os maiores eram machos, porém, o comprimento médio de ambos permaneceu nas mesmas classes de tamanho, entre 800 e 950 mm (Fig. 12.12B). A proporção sexual foi favorável as fêmeas (1,86:1), apresentando diferença significativa (ANOVA-P<0,05). Os comprimentos médios por ano não apresentaram variações (1998 – 1.029 mm, 1999 – 960 mm, 2000 – 986 mm), e entre os estados, o Rio Grande do Norte apresentou o maior comprimento médio (1.053 mm), seguido de Pernambuco (1.001 mm), Alagoas (976 mm), Bahia (898 mm) e, por último, Ceará (873 mm). A distribuição de frequência de comprimento mensal revelou a presença de indivíduos menores do que 300 mm entre os meses de abril a agosto, e os maiores exemplares, no mês de novembro (Fig. 12.12C).



**Figura 12.12 A)** Distribuições de frequência do comprimento zoológico do dourado, **B)** para sexos e **C)** por meses do ano.

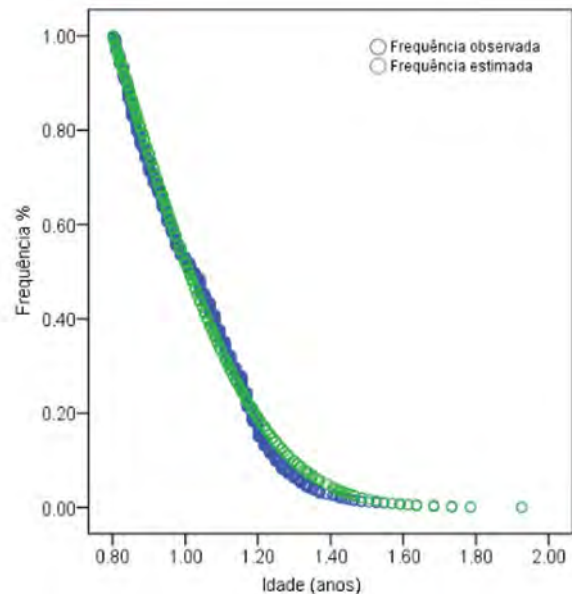
A idade dos indivíduos capturados do dourado pela frota de linha de superfície variou entre 0,08 e 4,38 anos (média=0,96 cm; d.p.=0,27 cm) (Fig. 12.13A). Um modelo logístico que descreve as probabilidades de captura do dourado em relação aos tamanhos foi estabelecido, resultado em um comprimento de primeira captura ( $CZ_{50}$ ) de 91,7 cm (0,79 anos) (Fig. 12.13B). A intensidade de indivíduos recrutados a área de pesca ( $CZ > 35$  cm- 0,3 anos) apresentou as maiores frequências nos meses de abril, maio, setembro e outubro.



**Figura 12.13** Distribuição de frequência de idades do dourado (acima) e Modelo logístico estimado para as probabilidades de captura do dourado pela frota de linha de superfície do Nordeste brasileiro.

Para calcular a função de sobrevivência e os parâmetros do modelo de Weibull para a fase de exploração do dourado capturado pela frota de linha de superfície no Nordeste, as idades entre 0,8 e 1,8 anos foram selecionadas. O modelo estimado ajustou-se razoavelmente aos dados e resultou em um coeficiente de determinação  $R^2 = 0,993$ . As capturas desse recurso, na fase de exploração estão concentradas predominantemente entre 0,8 e 1,4 anos de idade, representando segundo o modelo estabelecido, aproximadamente 90% da estrutura etária explorada desse recurso no Nordeste (Fig. 12.14).

A análise de pseudocoortes baseada em idades (Pope, 1977) para o dourado forneceu uma biomassa média anual de 4.807,6 t, para um rendimento médio anual de 1.097,1 t (Fig. 12.15). As capturas são mais frequentes no grupo de idade de 14 meses (mortalidade por pesca-  $F=1,25$ ; taxa de exploração -  $E=0,97$ ; mortalidade total-  $Z=1,33$ ). Segundo estas estimativas, são explorados 22,8% do estoque de *C. hippurus* anualmente da região Nordeste. O modelo



**Figura 12.14** Modelo de sobrevivência de Weibull, estimado para fase de exploração do dourado, capturado pela frota de linha de superfície na região Nordeste do Brasil.

de rendimento por recruta relativo estimou uma taxa de exploração máxima sustentável de  $E=0,65$  ano<sup>-1</sup> (Fig. 12.16), apresentando uma taxa  $E_{0.1}$  de 0,56 ano<sup>-1</sup> e  $E_{0.5}=0,36$  ano<sup>-1</sup> (cuja exploração reduz a biomassa inexplorada a 50%). O modelo de biomassa por recruta relativo para o atual nível de exploração ( $E=0,97$ ) foi estimado em  $B'R=0,025$ , ou seja, a biomassa média no período de 1998

a 2000 resultante desse modelo é de 2,5% da biomassa virgem (Fig. 12.16). Segundo as estimativas do presente estudo, o dourado se encontrava sobreexplotado na região Nordeste, sendo que a taxa de exploração média anual calculada ( $E=0,97$ ) para o período de estudo de 1998 a 2000 é aproximadamente 40% maior que aquela estimada para uma exploração sustentável ( $E_{0.1}=0,56$ ).

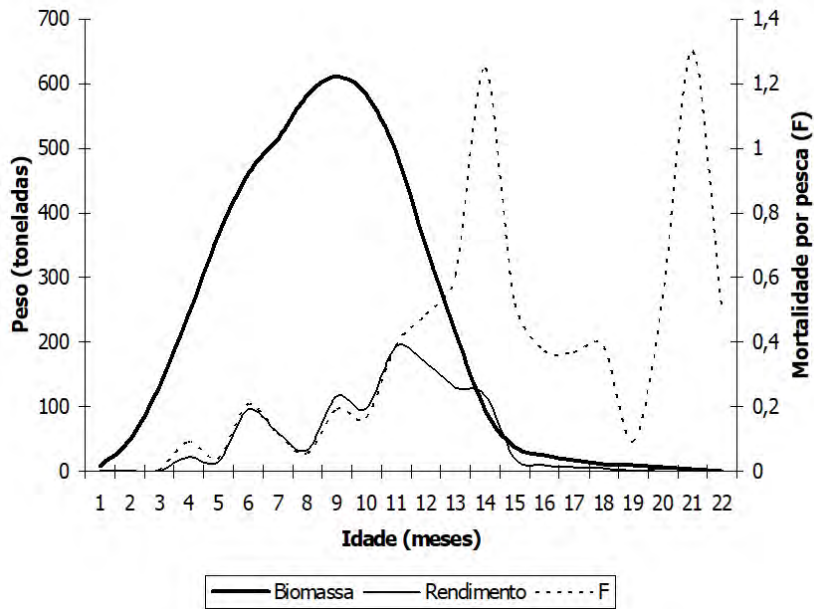


Figura 12.15 Análise de pseudocoortes baseada em idades para o estoque de dourado, capturado na região Nordeste entre 1998 e 2000.

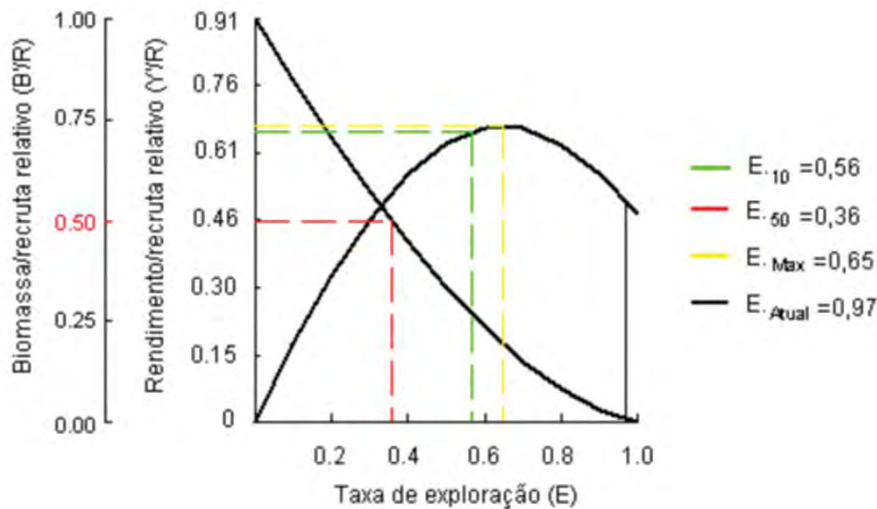


Figura 12.16 Modelos de rendimento por recruta relativo e biomassa por recruta relativo, para o dourado capturado pela frota de linha de superfície na região Nordeste do Brasil.



**Nome científico** *Ocyurus chrysurus* (Bloch, 1791).

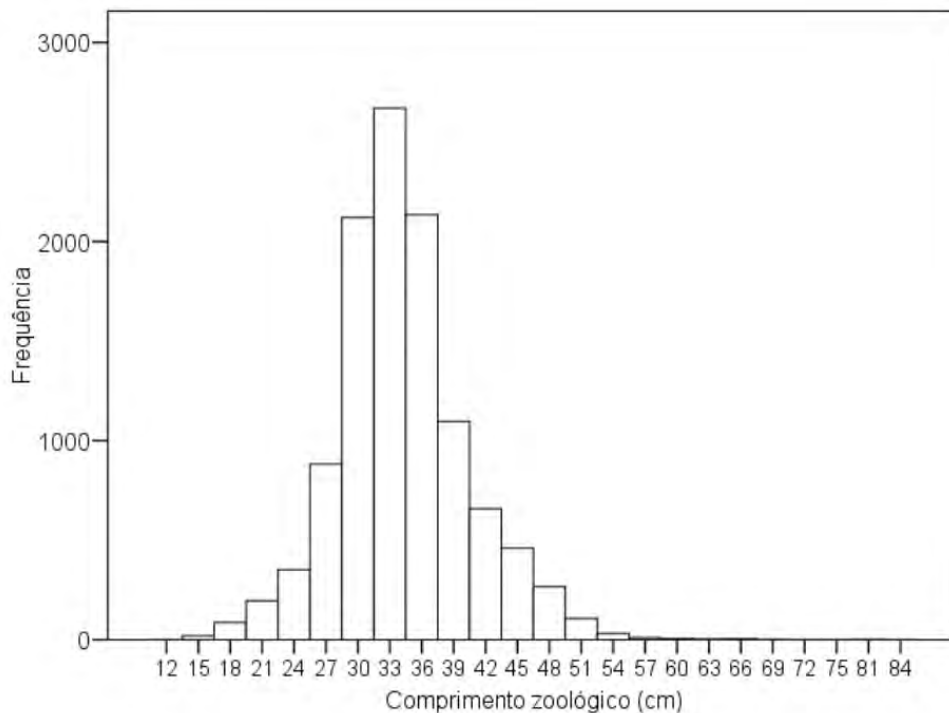
**Família** Lutjanidae.

**Nome vulgar** Guaiuba.

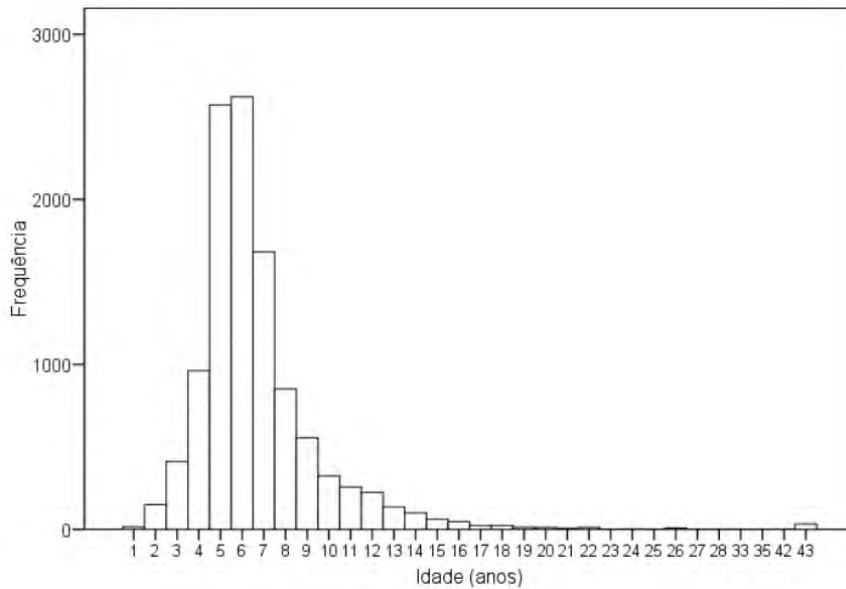
Os desembarques amostrados, provenientes da frota que operou com linha de fundo no período de estudo, somaram 1.556 pescarias, sendo a guaiúba registrada em 48,5% (782 desembarques) dessas pescarias. O peso desembarcado deste

recurso representou 9,4% das 95,953 t capturadas por essa frota. Entre abril e dezembro de 1998 e de abril a outubro de 1999 foram registrados os maiores pesos médios de captura para guaiúba. Foram amostrados 11.117 exemplares de guaiúbas, representando 26,5% do total de exemplares identificados e medidos nos desembarques dessa frota (41.923). O comprimento zoológico (CZ) dos exemplares variou entre 14,5 e 86,9 cm (média=35,2 cm; d.p.=6,41 cm) (Fig. 12.17).

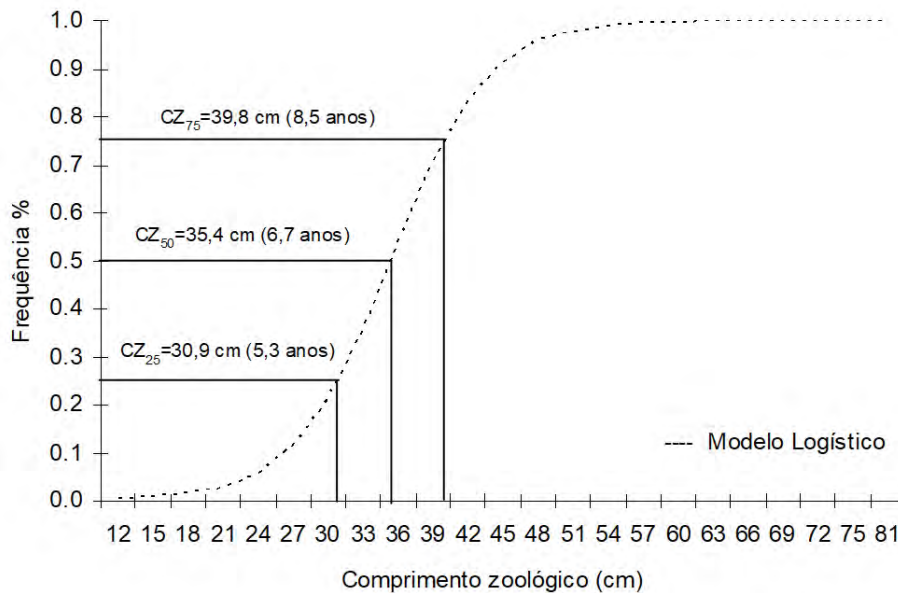
A estrutura etária da guaiúba capturada pela frota de linha de fundo variou de 1,5 até exemplares com mais de 43 anos (média=7,19 cm; d.p.=3,40 cm), sendo que 85,3% dos indivíduos estão concentrados entre as idades de 4 e 17 anos (Fig. 12.18). O comprimento de primeira captura ( $CZ_{50}$ ) foi estimado utilizando um modelo logístico, em 35,4 cm (6,7 anos) (Fig. 12.19).



**Figura 12.17** Distribuição de frequência de comprimentos da guaiúba, capturada pela frota de linha de fundo na região Nordeste do Brasil.



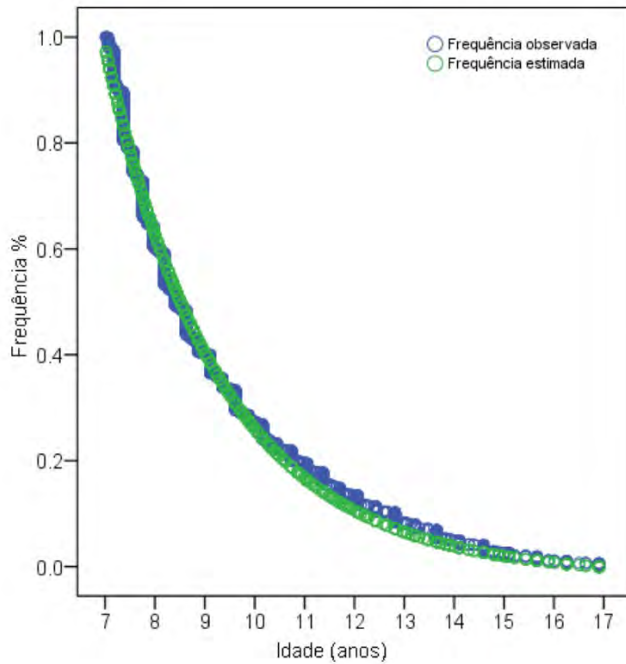
**Figura 12.18** Distribuição de frequência de idades da guaiúba, capturada pela frota de linha de fundo na região Nordeste do Brasil.



**Figura 12.19** Modelo logístico estimado para as probabilidades de captura da guaiúba pela frota de linha de fundo no Nordeste do Brasil.

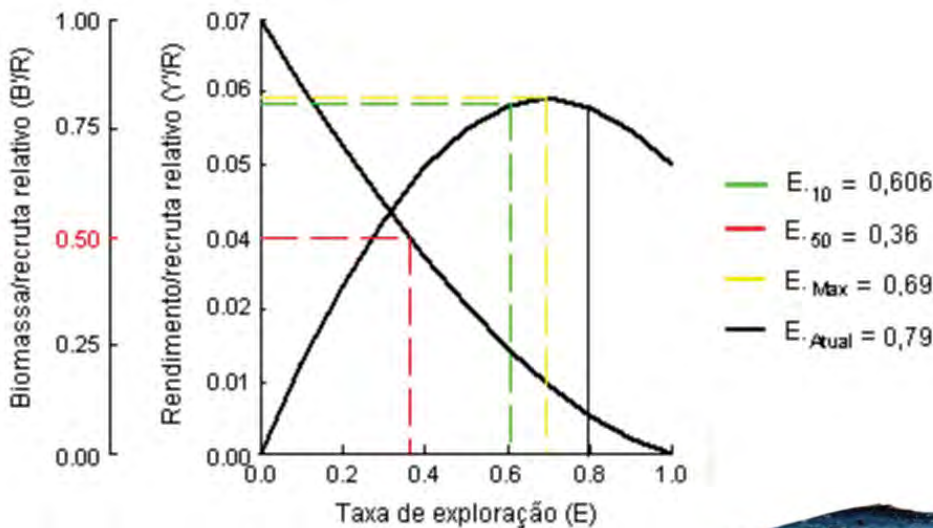
A distribuição de idade da guaiúba foi examinada e idades que correspondem à fase de exploração foram selecionadas. O modelo de sobrevivência de Weibull ajustou-se razoavelmente aos dados e resultou em um coeficiente de determinação

$R^2 = 0,994$ . A curva de sobrevivência estabelecida, indica que aproximadamente 90% das capturas desse recurso na fase de exploração é composta por exemplares entre 7 e 12 anos (Fig. 12.20).



**Figura 12.20** Modelo de sobrevivência de Weibull, estimado para fase de exploração da guaiúba capturada pela frota de linha de fundo da região Nordeste do Brasil.

A mortalidade natural constante para a guaiúba capturada na região Nordeste foi  $M_0=0,373 \text{ ano}^{-1}$ . A mortalidade natural para fase de exploração foi estimada em  $M=0,18 \text{ ano}^{-1}$ . A taxa de mortalidade por pesca (Z-M) resultante é de  $F=0,67 \text{ ano}^{-1}$ . A taxa de exploração (F/Z) média anual para o período de estudo foi de  $E=0,79 \text{ ano}^{-1}$ . O modelo de rendimento por recruta relativo estimou uma taxa de exploração máxima sustentável de  $E=0,69 \text{ ano}^{-1}$  (Fig. 12.21), apresentando uma taxa  $E_{0,1}$  de  $0,606 \text{ ano}^{-1}$  e  $E_{0,5}=0,36 \text{ ano}^{-1}$  (cujas exploração reduz a biomassa inexplorada a 50%). O modelo de biomassa por recruta relativo para o atual nível de exploração foi estimado em  $B'R=0,093$ , ou seja, segundo esse modelo, a biomassa atual é 9,3% da biomassa virgem (Fig. 12.21). Esses resultados demonstram que o nível de exploração da guaiúba para o período de estudo é 14,5% superior ao estimado para uma exploração sustentável e 26,7% superior à taxa  $E_{0,1}$  recomendada para exploração de recursos pesqueiros. Com base nesses resultados, a guaiúba capturada pela frota de linha de fundo entre 1998 e 2000 encontra-se sobreexplorada no Nordeste brasileiro.



**Figura 12.21** Modelos de rendimento por recruta relativo e biomassa por recruta relativo para a guaiúba, capturada pela frota de linha de fundo da região Nordeste do Brasil.



**Nome científico** *Scomberomorus brasiliensis* Collette, Russo e Zavala-Camin (1978).

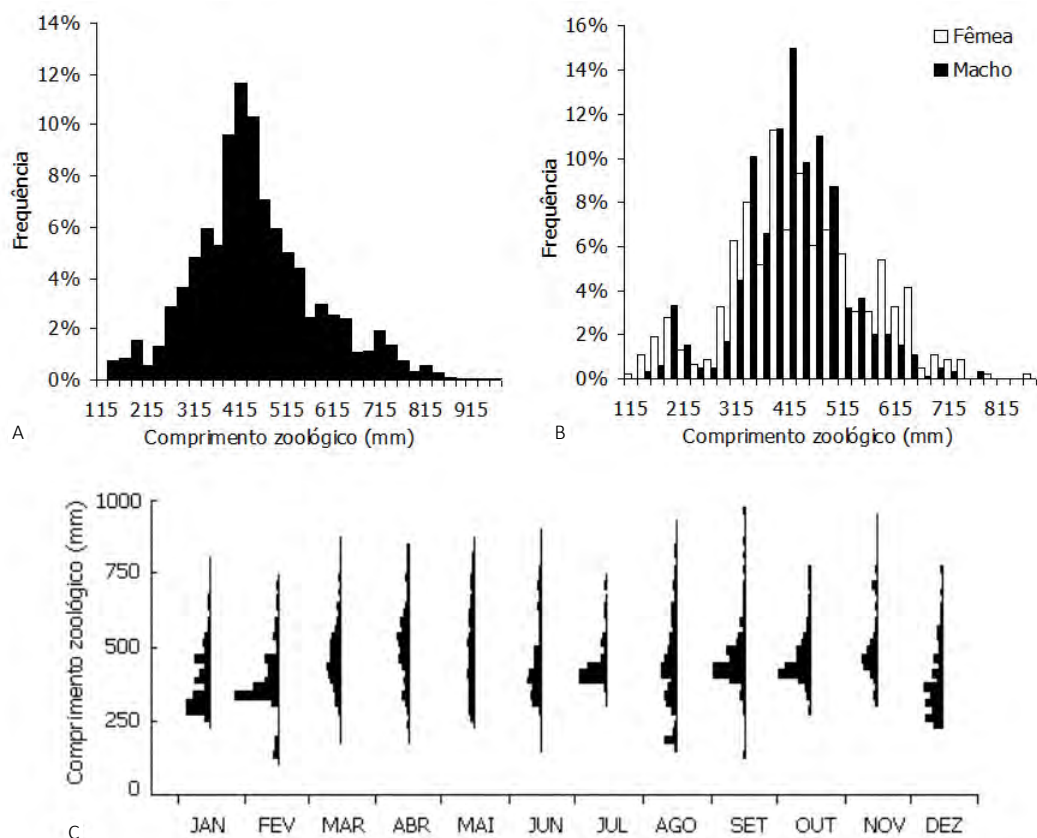
**Família** Scombridae.

**Nome vulgar** serra.

O peixe serra se distribui na ZEE Nordeste da foz do Rio Parnaíba, Piauí (2° 13' a 2° 42' S e 41° 50' W) até às proximidades de Salvador, Bahia (12° 54' S e 38° 10' a 38° 17'). É capturada com maior frequência entre as isóbatas de 10 e 50 metros, apesar de ocorrer em áreas com profundidades de até 100 metros. Possui a maior abundância no estado do Ceará, onde são registrados os desembarques mais expressivos.

A estrutura em comprimentos (n=6.148) foi estimada através da totalidade das amostras coletadas no Nordeste (PI, CE, RN, PE, AL e BA), nos anos de 1998 e 2000. Exemplares de 95 a 965 mm compuseram os desembarques (Fig. 12.22A). Indivíduos jovens de 95 a 350 mm participaram do recrutamento, sendo que nas capturas, predominaram exemplares de 440 e 465 mm. Não houve diferença significativa nos

comprimentos (Fig. 12.22B) entre machos e fêmeas ( $P>0,05$ ), entretanto, fêmeas possuem comprimento máximo superior (865 mm) em relação a machos (765 mm). A proporção sexual (1,4:1) foi favorável aos machos, apresentando diferença significativa ( $\chi^2$ -  $P<0,05$ ). A distribuição mensal se refere aos anos de 1998, 1999 e 2000 agrupados, onde foram observados os menores exemplares em fevereiro, agosto e setembro e os maiores em agosto, setembro e novembro (Fig. 12.22C). Diferentes artes de pesca capturam exemplares com comprimentos distintos; a rede de emalhar capturou 74,2% das amostras, apresentando tamanho médio de 435 mm; a linha de mão foi responsável por 18,2% dos indivíduos coletados, com comprimento médio de 518 mm e o arrasto de praia totalizou 7,6% dos exemplares registrados e média de comprimento zoológico de 171 mm.

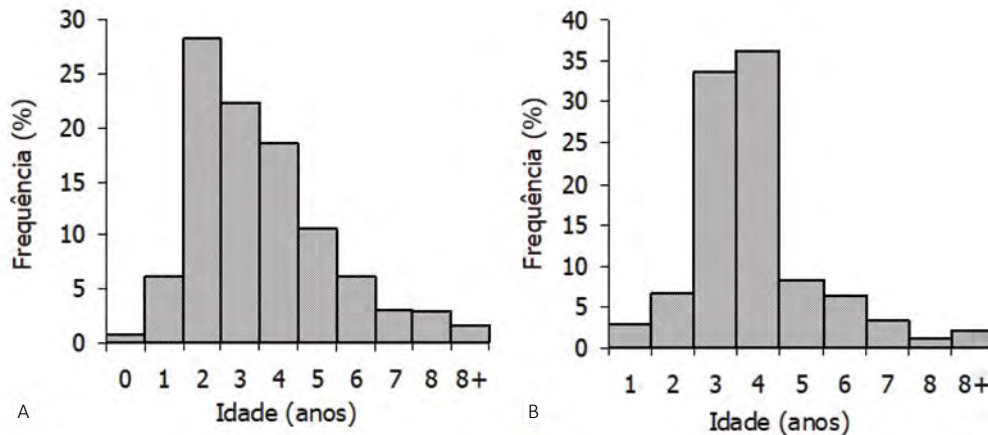


**Figura 12.22 A)** Distribuição de frequência da serra capturada na região Nordeste para a totalidade das amostras, **B)** por sexo e **C)** nos meses do ano agrupados de 1998 a 2000.

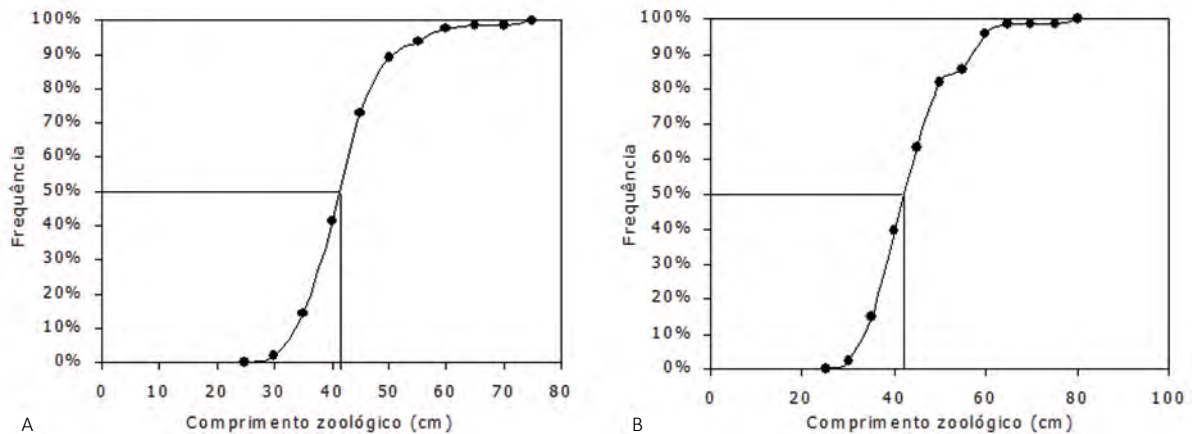


A estrutura etária do estoque da serra para a costa setentrional e costa oriental do Nordeste foi calculada através da chave idade-comprimento, utilizando-se os comprimentos e idades individuais. Na costa setentrional ( $n=5.117$ ), observou-se alta frequência de exemplares de 0 a 2 anos (35,1%) (Fig. 23A). Já para o litoral oriental ( $n=1.031$ ),

exemplares de 1 e 2 anos representaram apenas 9,4% (Fig. 23B). O comprimento de primeira maturação estimado para machos foi 42,3 cm CZ (Fig. 24A) e o de fêmeas 41,9 cm CZ (Fig. 24B), referentes aos exemplares coletados entre os anos de 1999 e 2000, nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco.



**Figura 12.23 A)** Distribuição de frequência de idades da serra capturada na região Nordeste para a costa setentrional e **B)** oriental.

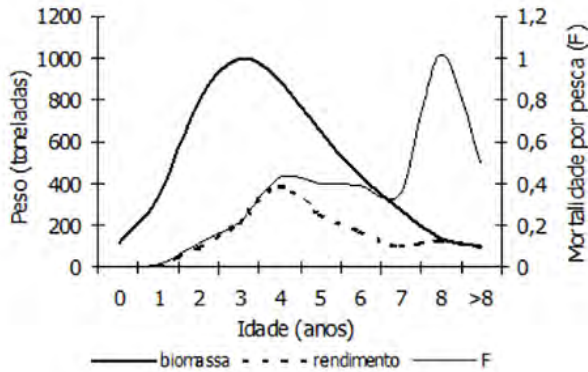


**Figura 12.24 A)** Curva de primeira maturação da serra para machos e **B)** fêmeas.

A análise do comprimento de primeira captura ( $L_{c_{50}}$ ) forneceu um valor de 36 cm CZ, indivíduos com esse tamanho ficariam 50% retidos na malha da rede e 50% escapariam. Exemplares com essa faixa de comprimento possuem entre 2 e 3 anos. Estimativas referentes a 1998 a 2000, para os exemplares capturados nos estados do Nordeste resultaram

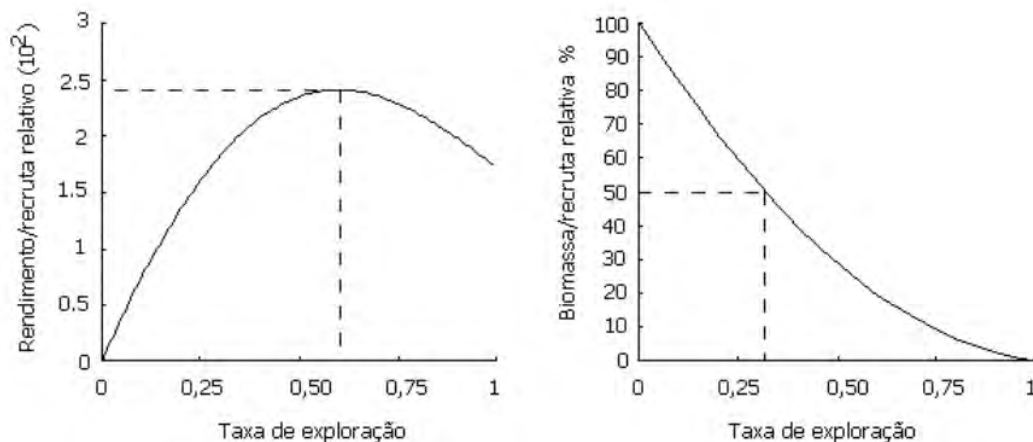
nos seguintes coeficientes de mortalidade  $Z$ ,  $M$ ,  $F$ , taxa de exploração ( $E$ ) e sobrevivência ( $S$ ):  $Z=0,628$  ano<sup>-1</sup>;  $M=0,30$  ano<sup>-1</sup>;  $F=0,33$  ano<sup>-1</sup>;  $E=0,52$  ano<sup>-1</sup> e  $S=53,3\%$ . A análise de pseudocoortes baseada em idades (Pope, 1972) para a serra forneceu uma biomassa média anual de 4.761 toneladas, para um rendimento médio anual de 1.437 toneladas.

As capturas são mais frequentes nos grupos de idade de 3 a 6 anos (Fig. 12.25). Segundo estas estimativas, são explorados 30,2% do estoque da serra anualmente na região Nordeste.



**Figura 12.25** Análise de pseudocoortes baseada em idades para o estoque da serra, capturado na região Nordeste entre 1998 e 2000.

Através do modelo de rendimento por recruta (Beverton & Holt, 1957), foi obtida a taxa de exploração máxima ( $E_{max}=0,60 \text{ ano}^{-1}$ ), correspondente ao rendimento sustentável da serra na região Nordeste (Fig. 12.26). A taxa estimada para uma exploração 10% menor que o rendimento máximo sustentável ( $E_{0,1}$ ) foi de  $0,55 \text{ ano}^{-1}$ . O valor encontrado para a exploração atual da serra na região ( $E=0,52 \text{ ano}^{-1}$ ) indica que a espécie se encontra próxima ao limite de exploração sustentável.



**Figura 12.26** Modelos de rendimento por recruta relativo e biomassa por recruta relativo para a serra, capturada na região Nordeste do Brasil.



**Nome científico** *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829).

**Família** Scombridae.

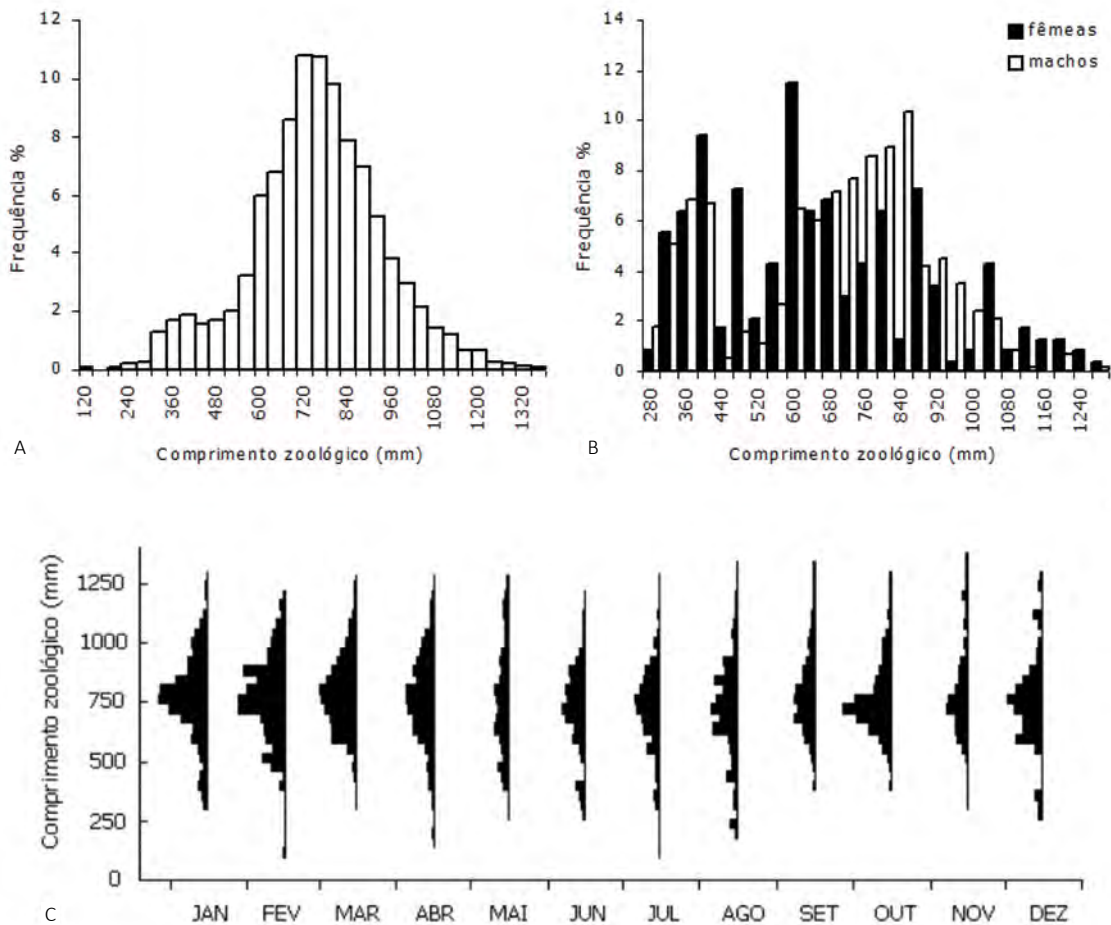
**Nome vulgar** cavalla.

A cavala se distribui na ZEE Nordeste da foz do Rio Parnaíba, Piauí ( $2,13^\circ$  a  $2,47^\circ$  S e  $41,77^\circ$  W) até às proximidades de Salvador, Bahia ( $13^\circ$  S e  $38,23^\circ$  a  $38,38^\circ$  W). É capturada com maior frequência entre as isóbatas de 20 e 200 metros. Capturas de exemplares menores são realizadas pela rede de emalhar, em profundidades de até 40 metros; a partir da isóbata de 50 metros, indivíduos maiores são frequentemente capturados pela linha de mão de superfície. Possui a maior abundância nos estados do Ceará e Bahia, onde são registrados importantes volumes.

A distribuição de frequência de comprimentos (Fig. 12.27A) refere-se a totalidade das amostras ( $n=7.035$ ) coletadas no Nordeste (PI, CE, RN, PE, AL e BA), nos anos de 1998 a 2000. Exemplares de 115 a 1.360 mm compuseram as capturas.

Indivíduos jovens de 115 a 650 mm participaram do recrutamento, sendo que nas capturas, predominaram exemplares de 720 a 800 mm. Não houve diferença significativa (ANOVA-  $P > 0,05$ ) nos comprimentos entre machos e fêmeas (Fig. 12.27B); a proporção sexual foi favorável aos machos (3:1). Nas distribuições de comprimentos

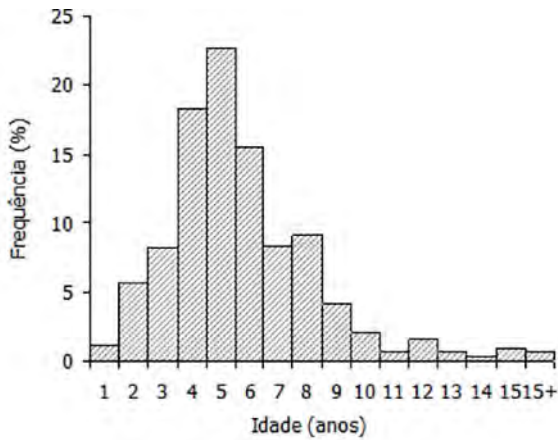
mensais (Fig. 12.27C), a maior frequência de exemplares ocorreu entre os meses de janeiro e abril. Os menores indivíduos foram amostrados nos meses de fevereiro, abril, julho e agosto, podendo estar associado a um período de recrutamento e os maiores exemplares ocorreram principalmente de agosto a dezembro.



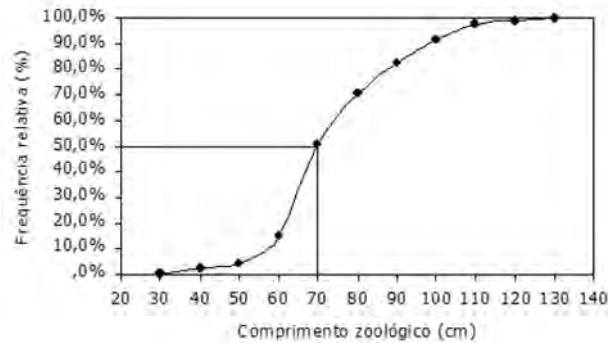
**Figura 12.27** A) Distribuição de frequência da cavala capturada na região Nordeste para a totalidade das amostras, B) por sexo e C) nos meses do ano agrupados de 1998 a 2000.

A estrutura etária do estoque da cavala na região Nordeste ( $n=7.035$ ) foi calculada através da chave idade-comprimento, utilizando-se os comprimentos e idades observadas individuais. Exemplares entre 4 e 6 anos são os mais frequentes nas capturas, representando 56,6% da amostra. A partir da classe de idade de 11 anos a frequência de exemplares é

baixa, totalizando apenas 4,8% das capturas (Fig. 12.28). O comprimento de primeira maturação  $L_{50}$  para os anos de 1999 e 2000 foi de 70 cm (Fig. 12.29). Capturas de exemplares dessa faixa de comprimento foram registradas principalmente nos desembarques da frota de linha de mão.



**Figura 12.28** Distribuição de frequência de idades da cavala capturada na região Nordeste do Brasil.

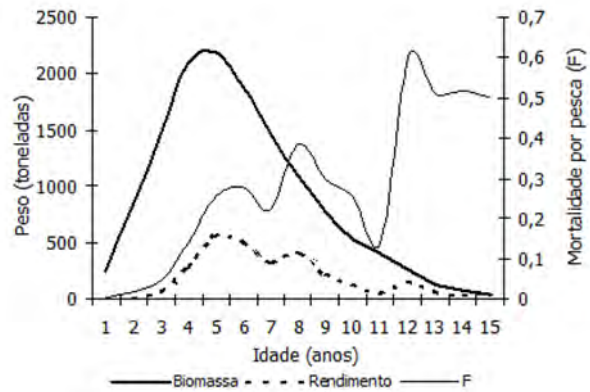


**Figura 12.29** Curva de primeira maturação da cavala capturada na região Nordeste do Brasil.

Na análise de probabilidade de captura para a cavala na região Nordeste foi obtido um comprimento de primeira captura ( $L_{c_{50}}$ ) de 65,1 cm CZ. Exemplares com esse tamanho possuem entre 4 e 5 anos. O comprimento no qual 100% dos exemplares seriam capturados foi de 76,6 cm CZ (6 e 7 anos). Estas estimativas são referentes aos dados 1998 a 2000. Os coeficientes de mortalidade  $Z$ ,  $M$ ,  $F$ , taxa de exploração ( $E$ ) e sobrevivência ( $S$ ) foram:  $Z=0,46 \text{ ano}^{-1}$ ;  $M=0,20 \text{ ano}^{-1}$ ;  $F=0,26 \text{ ano}^{-1}$ ;  $E=0,56 \text{ ano}^{-1}$  e  $S=63,1\%$ .

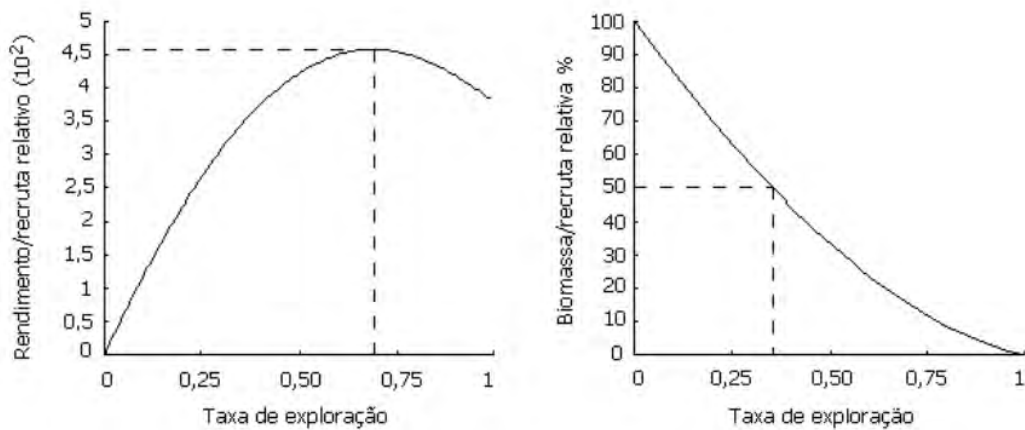
A análise de pseudocoortes por idades (Pope, 1972) forneceu uma biomassa média anual de 13.466 t. para um rendimento de 2.931 t., apresentando exploração anual de 22% do estoque. As classes de idades mais capturadas foram de 4 a 10 anos (Fig. 12.30), com taxas de mortalidade por pesca ( $F$ ) de 0,13 a 0,38; mortalidades totais ( $Z$ ) de 0,33 a 0,58 e taxas de exploração ( $E$ ) de 0,40 a 0,65.

No modelo de rendimento por recruta (Beverton & Holt, 1957), foi obtida uma taxa de exploração máxima ( $E_{\text{max}}=0,69 \text{ ano}^{-1}$ ), correspondente ao rendimento sustentável da cavala na região Nordeste (Fig. 12.31). A taxa estimada para



**Figura 12.30** Análise de pseudocoortes baseada em idades para o estoque da cavala, capturado na região Nordeste entre 1998 e 2000.

uma exploração 10% menor que o rendimento máximo sustentável ( $E_{-0,1}$ ) foi de  $0,65 \text{ ano}^{-1}$ . O valor encontrado para a taxa de exploração no período de 1998 a 2000 foi de  $0,56 \text{ ano}^{-1}$ , próxima do  $E_{-0,1}$  estimado.



**Figura 12.31** Modelos de rendimento por recruta relativo e biomassa por recruta relativo para a serra, capturada na região Nordeste do Brasil.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo buscou apresentar o histórico do desenvolvimento dos modelos de avaliações de estoques, assim como a percepção da limitação de renovação dos recursos pesqueiros e a necessidade de quantificar taxas de captura para exploração sustentável dos estoques de peixes marinhos. Apresentou ainda, a importância da bioestatística na formulação dos modelos de avaliações de estoques, a situação dos estoques pesqueiros marinhos nas últimas décadas no mundo e no Brasil, com um breve levantamento do estado de exploração dos estoques pesqueiros na região Nordeste do Brasil. Por fim, descreve as principais atividades desenvolvidas na região Nordeste pelo Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva do Brasil (REVIZEE), apresentando a avaliação dos estoques de quatro espécies importantes para a frota artesanal, estudadas na região Nordeste. Os dados e resultados obtidos pelo REVIZEE na região Nordeste do Brasil representam um divisor de águas na identificação dos recursos, na avaliação e potencial sustentável de exploração dos principais estoques pesqueiros da região.

O Brasil apresenta um cenário da estatística pesqueira com ausências de informações de sua produção desde 2010. A produção de pescado do Brasil em 2010 foi de 1.264.765 t, sendo a pesca extrativa marinha a principal fonte de produção de pescado nacional, responsável por 536.455 t ou 42,4% do total de pescado (MPA, 2010). A carência de informações de um programa nacional de estatística pesqueira dificulta a adoção de medidas de ordenamento e conservação adequada da pesca, principalmente para as espécies de interesse comercial. Desta forma, a revisão de estudos já realizados, que analisem dados disponíveis e gerem resultados abrangentes e publicáveis em periódicos especializados, que permitam a organização de livros, no que diz respeito à dinâmica das frotas pesqueiras, identificação dos recursos capturados, quantificação das biomassas e abundâncias, estruturas de tamanho, peso e etária, assim como a influência das variáveis ambientais na distribuição espaço-temporal dos recursos pesqueiros, permitirão sugerir medidas de ordenamento e conservação adequada da pesca nas águas marinhas brasileiras, que visem a exploração sustentável e estabelecimento de um sistema de pesca responsável.

## REFERÊNCIAS

- AALTO, E. A.; DICK, E. J.; MACCALL, A. D. **Separating recruitment and mortality time lags for a delay-difference production model.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* v.165, p.161–165, 2015.
- BARANOV, F. I. **“On the question of the biological basis of fisheries”** *Izvestiya*, v.1, p.81–128, 1918.
- BAUM, J. K.; MYERS, R. A.; KEHLER, D. G.; WORM, B.; HARLEY, S. J.; DOHERTY, P. A. **Collapse and conservation of shark populations in the Northeast Atlantic.** *Science*, v.299, p.389-392, 2003.
- BEVERTON, R. J. H.; HOLT, S. J. **On the dynamics of exploited fish populations.** *Fishery Investigations Series II, Vol. XIX, Ministry of Agriculture. Fisheries and Food*, v. 1, p. 957, 1957.
- CASEY, J. M.; MYERS, R. A. **Near extinction of a large, widely distributed fish.** *Science*, v. 281, n. 5377, p. 690-692, 1998.
- CHRISTENSEN, V.; GUÉNETTE, S.; HEYMANS, J. J.; WALTERS, C. J.; WATSON, R.; ZELLER, D.; PAULY, D. **Hundred-year decline of North Atlantic predatory fishes.** *Fish and Fisheries*, v.4, p.1-24, 2003.
- COLLIE, J. S.; WALTERS, C. J. **Adaptive management of spatially replicated groundfish populations.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* v.48, p.1273-1284, 1991.
- DICHMONT, C. M.; DENG, R. A.; PUNT, A. E.; BRODZIAK, J.; CHANG, Y. J.; COPE, J. M.; PRAGER, M. H. **A review of stock assessment packages in the United States.** *Fisheries Research*, v.183, p.447-460, 2016.
- FAO. *Fishery statistics. Capture production 1998.* FAO Fisheries Series nº54. FAO Statistics Series nº152. Rome: FAO, 2000.
- FERRANDIS, E.; HERNÁNDEZ, P. **Direct Survival Analysis: a new stock assessment method.** *Scientia Marina*, v.71, p.175-185, 2007.
- FERRANDIS, E. **On the stochastic approach to marine population dynamics.** *Scientia Marina* v.71, p.145-174, 2007.
- FONTELES FILHO, A. A. **Recursos pesqueiros. Biologia e dinâmica populacional.** Fortaleza: Imprensa oficial do Ceará, 1989.
- FOX, J.R, WILLIAM, W. **An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations.** *Transactions of the American Fisheries Society*, v. 99, n. 1, p. 80-88, 1970.
- FRY, F.E.J. **Statistics of a lake trout fishery.** *Biometrics*, v.5, p.27-67, 1949.
- GIANNI, M. **High seas bottom trawl fisheries and their impact on the biodiversity of vulnerable deep-sea ecosystems options for international action gland.** Switzerland, IUCN, 2004.
- GRÉBOVAL, D. **The measurement and monitoring of fishing capacity: introduction and major considerations.** *In: PASCOE, S.; GRÉBOVAL, D.(org.). Measuring Capacity in Fisheries*, FAO Fisheries Technical Paper 445. Rome: FAO, 2003, p.113.
- GULLAND, J. A. **Estimation of mortality rates.** Annex to artic Fisheries Working Group Report (meeting in Hamburg, January 1965). Copenhagen: International Council for the Exploration of the Sea, Document 3 (mimeo), 1965.
- GULLAND, J. A. **Fish Stock Assessment: A manual of Basic Methods.** New York: John Wiley & Sons, 1983.
- HADDON, M. **Modelling and quantitative Methods in fisheries.** London: Chapman & Hall, 2001.
- HARDY, A. **The open Sea: Its Natural History Part II.** Fish and Fisheries. London: Collins, 1959.
- HART, P. J. B.; REYNOLDS, J.D. **Handbook of fish Biology and Fisheries: Volume 2, Fisheries.** U.K.: Blackwell publishing, 2002.
- HILBORN, P; WALTERS, C. J. **Quantitative Fisheries Stock Assesment: Choice, Dynamics and Uncertainty.** New York: Chapman and Hall, 1992.
- HUXLEY,T. H. **The herring.** *Nature*, v.23, p.607-13, 1881.
- HUXLEY,T. H. **Inaugural Address.** *Fisheries Exhibition Literature*, v.4, p.1-22, 1884.
- IBAMA. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil.** Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste. Tamandaré: CEPENE, 2002.
- JACKSON, J. B. C.; KIRBY, M. C.; BERGER, W. H. **Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems.** *Science*, v.293, p.629-638, 2001.
- JONES, R. **Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (With notes on VPA and cohort analysis).** *FAO Fish.Tech. Pap.*, v.256, p.118, 1984.
- KELLEHER, K.; WILLMANN, R.; ARNASON, R. **The sunken billions: the economic justification for fisheries reform.** Rome: The World Bank, 2009.
- KINAS, P. G. **Bayesian fishery stock assessment and decision making using adaptive importance sampling.** *Can.J.Fish. Aquat.Sci.* v.53, p.414-423, 1996.
- KREBS, C. J. **Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance.** New York, Harper & Row, 1985.
- LALLI, C. M.; PARSONS, T.R. **Biological oceanography: an introduction.** 2nd. Oxford: Elsevier, 1997.
- LONGHURST, A. R.; PAULY, D. **Ecology of Tropical Oceans.** San Diego: Academic Press, 1987.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Programa REVIZEE: avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva: relatório executivo/MMA**, Secretaria de Qualidade Ambiental. Brasília: MMA, 2006.
- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura, Brasil 2010.** Brasília: MPA, 2010.

- WORM, B.; MYERS, R. A. **Meta-analysis of cod–shrimp interactions reveals top-down control in oceanic food webs.** *Ecology*, v. 84, n. 1, p. 162-173, 2003.
- MYERS, R. A.; MACKENZIE, B. R.; BOWEN, K. G.; BARROWMAN, N.J. **What is the carrying capacity of fish in the ocean? A meta-analysis of population dynamics of North Atlantic cod.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v.58, p.1464-76, 2001.
- PAIVA, M. P. **Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil.** Fortaleza: EUFC, 1997.
- PANDOLFI, J. M.; BRADBURY, R. H.; SALA, E.; HUGHES, T. P.; BJORN DAL, K. A.; COOKE, R. G.; WARNER, R.R. **Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems.** *Science*, v. 301, n. 5635, p. 955-958, 2003.
- PAULY, D. **Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators.** Manila: ICLARM, 1984.
- PAULY, D.; CHRISTENSEN, V.; DALSGAARD, J.; FROESE, R.; TORRES, F. **Fish down marine food webs.** *Science*, v.279, p.860-863, 1988.
- PAULY, D.; PALOMARES, M.L.; FROESE, R.; SA-A, P.; VAKILY, M.; PREIKSHOT, D.; WALLACE, S. **Fish down Canadian aquatic food webs.** *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v.58, p.51-62, 2001.
- PAULY, D.; ALDER, J.; BENNETT, E.; CHRISTENSEN, V.; WATSON, P.; WATSON, R. **The future for fisheries.** *Science*, v.303, p.1359-1361, 2003.
- Pella, J. J., Tomlinson, P. K. **A generalized stock production model.** *Inter-Am. Trop. Tuna Com. Bull.*, v.13, p.421-458, 1969.
- PETERSEN, C. G. J. **What is overfishing? Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom**, v.6, p.587-594, 1903.
- PITCHER, T.; HART, P. J. B. **Fisheries ecology.** London: Chapman & Hall, 1982.
- PITCHER, T. J. **Fisheries managed to rebuild ecosystems: reconstructing the past to salvage the future.** *Ecological Applications*, v.11, p.601-617, 2001.
- POPE, J. G. **An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis.** *Res. Bull.*, v.9, p.65-74, 1972.
- Prager, M. H. **Comparison of logistic and generalized surplus-production models applied to swordfish *Xiphias gladius*, in the north Atlantic Ocean.** *Fish. Res.*, v.58, p.41-57, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00358-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00358-7).
- PUNT, A. E.; SMITH, D. C.; THOMSON, R. B.; HADDON, M.; HE, X.; LILE, J. **Stock assessment of the blue grenadier *Macruronus novaezelandiae* resource off south-eastern Australia.** *Marine and Freshwater Research*, v.52, p.701-717, 2001.
- RICKER, W. E. **Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations.** Fisheries Research Board of Canada: Bulletin, 1975.
- RUSSEL, E. S. **Some theoretical considerations on the “overfishing” problem.** *Journal du Conseil International pour l’Exploration de la Mer*, v.45, p.31-135, 1931.
- SADOVY, Y.; CHEUNG, W. L. **Near extinction of a highly fecund fish: the one that nearly got away.** *Fish and Fisheries*, v. 4, n. 1, p. 86-99, 2003.
- SCHAEFER, M. B. **A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean.** *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*, v. 2, n. 6, p. 243-285, 1957.
- SMITH, T. D. **Stock assessment methods: the first fifty years.** In: Gulland, J.A. (org) *Fish Population Dynamics: The implications for Management.* Chichester: John Wiley & Sons, 1988.
- SMITH, T. D. **Scaling Fisheries: The Science of Measuring the effects of Fishing.** New York: Cambridge University Press, 1994.
- SPARRE, P.; VENEMA, S. C. **Introduction to tropical fish stock assessment.** Rome: FAO, 1997.
- THOMPSON, W. F.; BELL, F. H. **Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2.** Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. *Rep.Int.Fish. (Pacific halibut) Comm.*, v.8, p.49, 1934.
- THRUSH, S. F.; DAYTON, P. K. **What Can Ecology Contribute to Ecosystem-Based Management ?.** *Annu. Rev.Marine.Sci.*, v.2, p.419-441, 2010.
- WALTERS, C. J.; LUDWIG, D. **Calculation of Bayes posterior probability distribution for key population parameters.** *Can.J.Fish. Aquat.Sci.* v.51, p.713-722, 1994.
- WALTERS, C. J.; CHRISTENSEN, V.; PAULY, D. **Structuring dynamic model of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessment.** *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v.7, p.139-172, 1997.
- WANG, S. P.; MAUNDER, M. N.; AIRES-DA-SILVA, A. **Selectivity’s distortion of the production function and its influence on management advice from surplus production models.** *Fish. Res.*, v.158, p.181-193, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2014.01.017>.
- WATSON, R.; PAULY, D. **Systematic distortion in world fisheries catch trends.** *Nature*, v.414, p.534-536, 2001.
- WINKER, H.; CARVALHO, F.; KAPUR, M.; JABBA: **just another Bayesian biomass assessment.** *Fisheries Research*, v. 204, p. 275-288, 2018.
- ZELLER, D.; PAULY, D. **Good news, bad news: global fisheries discards are declining, but so are total catches.** *Fish and Fisheries*, v.6, p.156, 2005.

# GEOSTATÍSTICA APLICADA ÀS CIÊNCIAS PESQUEIRAS

13

Marcelo Francisco de NÓBREGA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco - UFPE





## 1. HISTÓRICO DA GEOESTATÍSTICA

O médico inglês John Snow (1813-1858) foi o primeiro a utilizar as técnicas da estatística espacial, sendo considerado o pai da geoestatística e da epidemiologia. O livro *O Mapa Fantasma* (Johnson, 2008), descreve a epidemia de cólera que se espalhou pelos arredores da cidade de Londres em 1854, matando mais de 600 pessoas em apenas duas semanas e como dois homens (Dr. John Snow e o Reverendo Henry Whitehead) iniciariam uma jornada em busca do mal causador da praga. Contra a mentalidade científica da época e a opinião geral, em que a teoria miasmática (surto de cólera eram causados por poluentes no ar), apontou a água como o principal veículo transmissor. A partir de então, dejetos humanos e água potável passaram a seguir caminhos distintos. A descoberta mudou a história e possibilitou o desenvolvimento das grandes cidades. Sua visão à frente de seu tempo interrompeu e trouxe luz a problemas e ações de intervenção no território, que levaram às novas formas de se pensar a organização dos espaços, a distribuição de água e a coleta de esgoto.

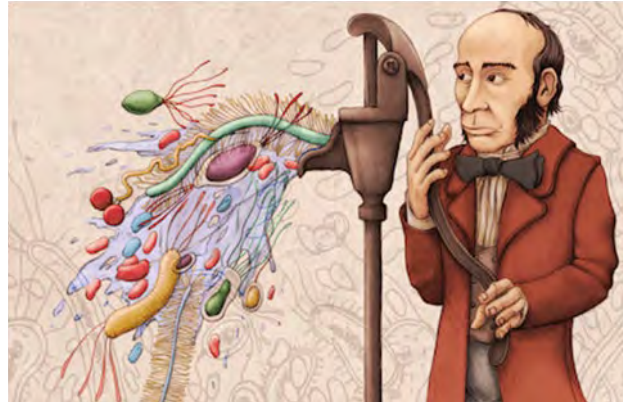
Naquele momento, a teoria miasmática era a vigente nos meios médicos. John Snow ainda sem o suporte da teoria microbiana, que viria a ser desenvolvida alguns anos mais tarde (Fig. 13.1), não conseguia evidências que as mortes em Londres, por seguidos surtos de cólera eram causadas por poluentes no ar. O Dr. John Snow

estabeleceu um mapa da cidade de Londres, para identificar espacialmente os casos de mortes ocorridas pelo surto de cólera de 1854. Utilizou observações de campo, com o apoio do antes defensor da 'contaminação por odores fétidos', o Reverendo Henry Whitehead. Esse mapa permitiu correlacionar o maior número de mortes em uma região específica do distrito de Soho, pelo uso de água contaminada, servida pela bomba d'água da Broad Street (Fig. 13.2). John andou a pé pelo bairro e desenhou uma linha delimitando a distância de melhor alcance (em minutos), para chegar até a bomba da Rua Broad Street (Fig. 13.3), comparado a outras bombas da vizinhança. Ele utilizou técnicas estatísticas e análises espaciais, que dariam origem a técnica de diagramas de Voronoi.

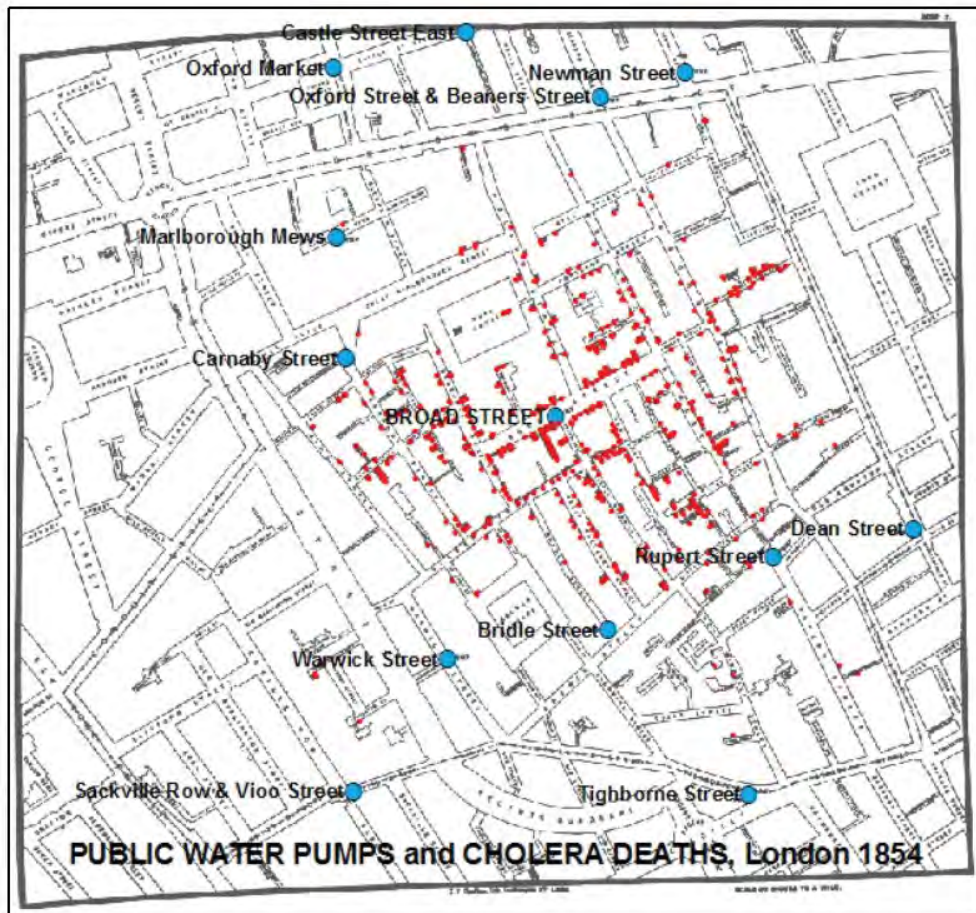
Mesmo com manifestações populares contra a interrupção no fornecimento de água e indo de encontro a comunidade científica e religiosa, as observações, análises, relatórios e ação destes pioneiros foram corroborados com a diminuição, em poucas semanas, das mortes e o fim do surto, comprovando a relação entre esta, a localização do fornecimento de água e os consumidores. As etapas seguidas pelo Dr. John Snow e Henry Whitehead envolveram observação, campo, dados, análise, integração e tomada de decisão, isso a 165 anos atrás.

### 1.1. Geotecnologias

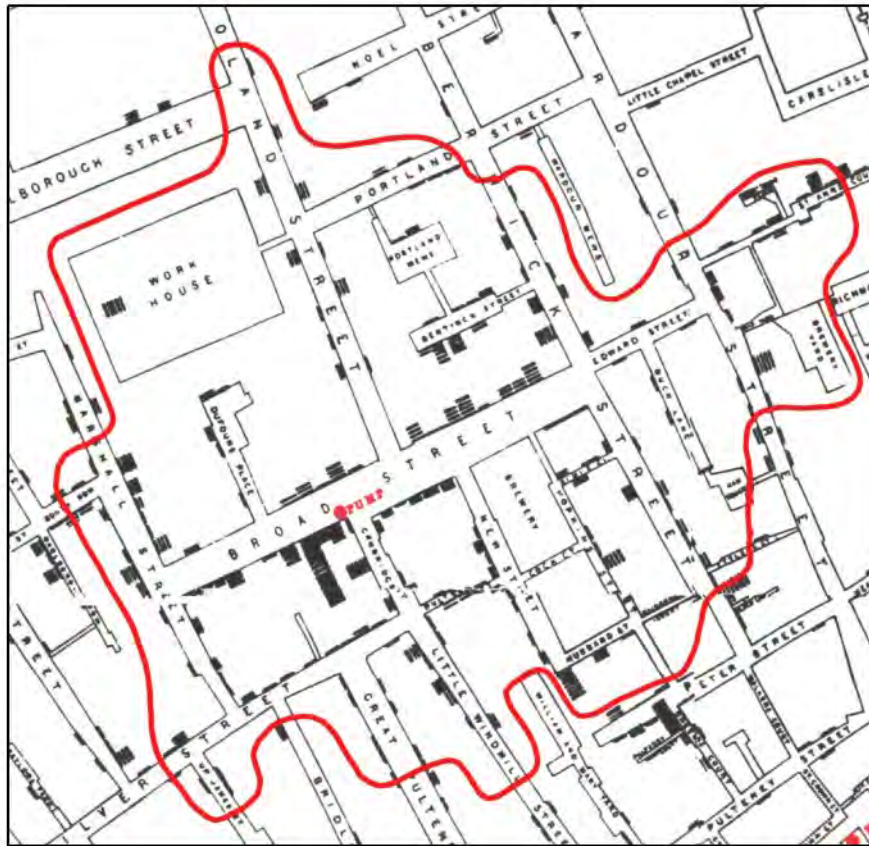
Etnologicamente, o termo Geoestatística designa o estudo estatístico de fenômenos naturais. Matheron (1962) foi o primeiro a usar o termo extensivamente e sua definição deve ser conservada: “Geoestatística é a aplicação formal de funções aleatórias para o reconhecimento e estimação de fenômenos naturais”. Um fenômeno natural pode ser caracterizado pela distribuição no espaço de uma ou mais variáveis, chamada “variáveis regionalizadas”, como a distribuição de gradientes no espaço tridimensional, por exemplo, a variação de minérios em reservatórios terrestres, finalidade para qual foi inicialmente desenvolvida a geoestatística (Journel & Huijbregts, 2004).



**Figura 13.1** Caricatura do Dr. John Snow, fazendo alusão a sua teoria microbiana. **Fonte** <https://geografiadascoisas.com.br/artigos/revista-geografia-da-saude-ou-o-mapa-das-doencas-do-dr-john-snow-a-dengue-e-zika-virus/>.



**Figura 13.2** Mapa estabelecido pelo Dr. John Snow. Os pontos vermelhos representam os casos de mortes reportados, enquanto os pontos azuis indicam as bombas disponíveis para a população coletar água para consumo. Bomba no centro do mapa da Broad Street. **Fonte** <https://web.archive.org/web/20180826001842/http://www1.udel.edu/johnmack/frec682/cholera/cholera2.html>.



**Figura 13.3** Mapa original mostrando barras pretas, que representam mortes e linha vermelha delimitando a distância de melhor alcance (em minutos) desenhada por John Snow, para chegar até a bomba da Rua Broad Street, comparado a outras bombas da vizinhança.  
**Fonte** <https://culturacientifica.com/2019/04/11/el-mapa-del-colera-de-john-snow/>.

Atualmente, as geotecnologias compreendem, mas não se limitam, às atividades de aquisição, tratamento e análise de dados sobre a Terra. Isto envolve desde um conjunto de tecnologias para a coleta de imagens da superfície do planeta (Fig. 13.4), conhecido como Sensoriamento Remoto (Ver capítulo: *Princípios básicos do sensoriamento remoto e suas aplicações na oceanografia e na pesca*), até o processamento e análise desses dados, em forma de mapas digitais, usando-se os Sistemas

de Informação Geográficos, um ambiente computacional orientado à análise e interpretação de diversos fatos e fenômenos relacionados à Terra. Por ser multidisciplinar, esse poderoso conjunto instrumental se aplica a diversos campos profissionais (Fig. 13.5), tornando-se imprescindível para projetos que lidam com questões voltadas à organização, planejamento e gestão do espaço geográfico ou que envolvam análises espaciais em seus estudos.

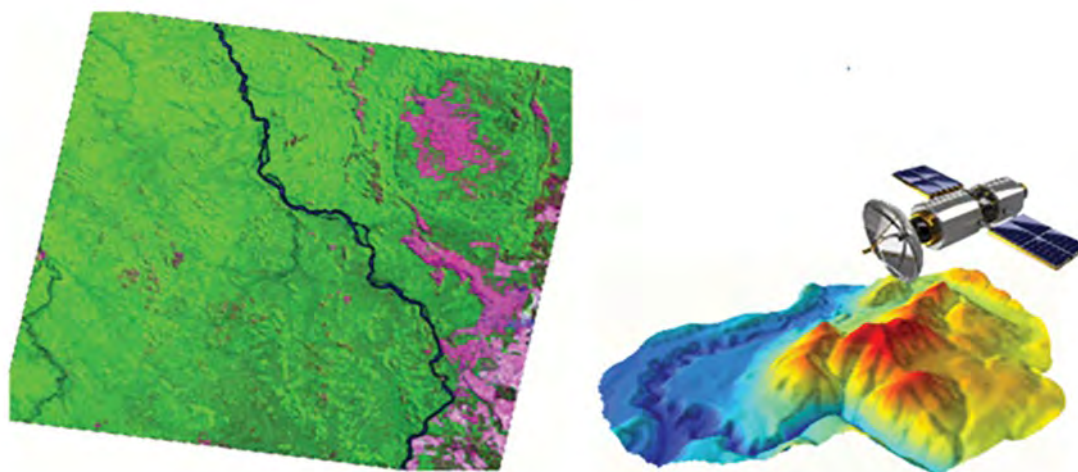


Figura 13.4 Tecnologias (satélites) para a coleta de imagens da superfície do planeta, conhecido como Sensoriamento Remoto, até o processamento e análise desses dados, em forma de mapas digitais, no espaço bidimensional e tridimensional. Fonte INPE.



Figura 13.5 Campos profissionais que se aplicam o Sistema de Informações Geográfico (SIG), que envolvem questões voltadas à organização, planejamento e gestão do espaço geográfico ou que envolvam análises espaciais em seus estudos.

Fonte <https://mundogeo.com/2015/09/10/sistema-de-informacao-geografica-uma-analise-sobre-o-desenvolvimento-tecnico-tecnologico-academico-e-conceitual/>.

Muitos avanços em ciência e tecnologia ocorrem na interface das disciplinas. O sinergismo que ocorre quando os cientistas e gestores das disciplinas biológicas, físicas e socioeconômicas se juntam, muitas vezes geram novos conhecimentos e ideias inovadoras (Fisher, 2013). Na verdade, um dos maiores benefícios da interdisciplinaridade é possibilitar que os cientistas vejam questões de diferentes perspectivas (Naiman, 1999).

A estatística espacial ou geoestatística representa uma recente adição a literatura estatística (Manly, 2001). Essas técnicas incorporam tecnologias de última geração, envolvendo desde satélites de observação da Terra, técnicas de mensuração por sistemas de posicionamento GPS, até sofisticados programas e equipamentos de informática. Representa hoje uma excelente oportunidade de trabalho para profissionais de várias áreas, sobretudo para as áreas de Geociências, Ciências Ambientais e Engenharias, além de planejamento urbano e rural.

## 2. ANÁLISE ESPACIAL NA AVALIAÇÃO DE RECURSOS PESQUEIROS

Estudos de pescarias, tradicionalmente, tem focalizado na abundância de peixes, morfologia, comportamento, crescimento e reprodução. Técnicas quantitativas de cruzeiros científicos incluem estudos de ovos e larvas, marcação e recaptura, e cruzeiros de arrasto para projetar o tamanho da população (Foote, 1996). Geralmente, problemas espacialmente explícitos não têm sido incorporados dentro desses estudos, exceto para associar o comportamento e a fisiologia com variações ambientais.

Recentemente, grande ênfase tem sido dada à importância do padrão espacial, sua escala e variação como um componente no processo ecológico (Petitgas, 1993; Horne & Schneider, 1995). A importância da heterogeneidade de recursos biológicos e físicos tem sido reconhecida como um fator crítico na manutenção de populações (Legendre & Fortin, 1989).

Considerar a informação espacial na organização de habitats e espécies dentro da coluna da água, bem como a variação nas características do habitat deve contribuir para o entendimento dos processos do ecossistema e a sustentabilidade de populações de peixes. A relação entre características físicas e processos biológicos (reprodução e história de vida das espécies) tem sido identificada como um aspecto crucial da dinâmica do ecossistema que controla a abundância, distribuição, produção do zooplâncton e populações de peixes (Wiebe et al., 1996) (Ver capítulo: [Introdução à oceanografia pesqueira](#)).

Reconhecer e realizar previsões da relação entre a dinâmica de estoques de peixes e a ocupação do habitat é fundamental para a efetiva avaliação e manejo de populações de peixes marinhos (Rubec et al., 2001). Tomadores de decisões de pescarias comerciais e recreativas, atualmente, reconhecem a importância do habitat para a produtividade de estoques de peixes (Friel, 2000). Mapas precisos de habitats, associados à distribuição espacial de populações de peixes, estão se tornando importantes ferramentas para manejo e proteção desses habitats, promovendo pescarias sustentáveis (Rubec & McMichael, 1996).

A utilização do Sistema de Informação Geográfico (SIG) nas ciências pesqueiras caracteriza-se por organizar, analisar e representar graficamente complexos e diversos dados com atributos geográficos (Nishida & Booth, 2001). Avaliação de estoques espacialmente referenciada apenas recentemente vem sendo desenvolvida. Existe um interesse crescente no desenvolvimento de SIG na área marinha, principalmente para visualizar conjunto de dados espaciais e prover uma plataforma de avaliação de estoques.

### 2.1. Sistema de informação geográfico na oceanografia pesqueira

Para avaliar a situação e progresso em recentes aplicações de SIG na oceanografia pesqueira, uma revisão desses estudos classificados em quatro categorias foi realizada. A figura 13.6 ilustra a relação entre essas categorias.

## 2.2. Visualização e mapeamento

Mapeamento para estudar habitat e biodiversidade é a mais comum aplicação na área marinha de SIG. Segundo Booth (2000), este tipo de utilização não constitui um SIG, representando apenas uma geração de dados secundários. De uma forma geral, mapeamento univariado é um componente básico do SIG porque avançadas análises no SIG são

conduzidas pela integração de variáveis dentro de análises multivariadas. O Sistema de Informação Geográfico têm sido utilizado com o foco no mapeamento e na análise de dados exploratórios, para obter um melhor entendimento da correlação entre a distribuição e abundância de peixes, outras espécies e covariáveis abióticas e bióticas (Fisher & Toepfer, 1998).



**Figura 13.6** Relação e sobreposição entre quatro tipos de análise espacial de populações de peixes utilizando SIG. **Fonte** Nishida & Booth (2001).

Conhecer o habitat, a distribuição e a abundância são importantes problemas em manejo de pescarias. A tecnologia do SIG é essencial para o sucesso e implementação de medidas de manejo em capturas de pescarias, particularmente na caracterização inicial do ambiente, na correlação espacial de potenciais ameaças ao habitat, na evolução de impactos acumulativos e no monitoramento da qualidade e quantidade do habitat. Mapeamento do ecossistema, modelagem e a determinação de ambientes essenciais de peixes são atualmente realizados com SIG (Ross & Ott, 2000).

## 2.3. Oceanografia pesqueira e ecossistemas

As ciências do ecossistema e da oceanografia pesqueira referem-se às áreas de pesquisa e a relação espacial entre peixes, pescarias, oceanografia e ecologia. O conhecimento obtido através desses estudos permite instituir um sistema de pesca responsável e facilita as práticas de manejo na otimização de pescarias. Desde essa adoção, as nações pesqueiras do mundo estão buscando gradualmente a promoção de pescarias sustentáveis, proteção de seus recursos essenciais e manutenção da saúde do ecossistema.

Uma área de interesse para aplicação de SIG é a ligação de pesquisas entre pescaria e ecossistema com o uso do modelo ECOPATH (Walters et al., 1997). ECOPATH pode avaliar numericamente o impacto no ecossistema de pescarias e realizar simulações entre elementos do ecossistema (interações tróficas na cadeia alimentar), para prever uma revisão dos mecanismos de mudança do ambiente marinho dependendo do esforço de pescarias. Os resultados das simulações podem ser visualizados pelo SIG, tornando mais compreensivas as mudanças espaço temporais de membros do ecossistema, como variações da biomassa, taxas de consumo e produção, composição da dieta, preferências de habitat e taxas de movimento. Com o auxílio de métodos espacial analíticos, “ECOSIM/ECOSPACE” foi desenvolvido e utilizado para estudar o ecossistema marinho da costa oeste da Florida (Ault et al., 1999), entre outros estudos (Ver capítulo: [Introdução à oceanografia pesqueira](#)).

#### 2.4. Avaliação de recursos pesqueiros georreferenciados

A necessidade para manejar pescarias de uma perspectiva espacial é clara (Hinds 1992). Entretanto, poucos estudos têm incorporado à variabilidade espacial da estrutura de idade dos estoques, maturidade, padrão de crescimento juntamente com dados de captura e esforço dentro de uma estrutura de avaliação dos recursos. Capturas comerciais são georreferenciadas, com peixes capturados em localizações geográficas específicas como uma função do esforço de pesca e abundância dos estoques nessas localizações. Incorporar um SIG espacialmente referenciado aos dados de pescarias e modelos de avaliação contribui significativamente para integração com outras fontes de dados, possibilitando manejar quantitativamente e qualitativamente os recursos.

Booth (2000) estudou a correlação do esforço de pesca com a mortalidade por pesca estruturada por idade para apresentar uma perspectiva espacial do

estado de exploração do recurso. Um modelo de rendimento por recruta foi expandido por Maury & Gascuel (1999), estudando o componente espacial em uma abordagem para delinear áreas marinhas protegidas e como estas áreas afetam as operações da frota pesqueira. Estes modelos englobam três aspectos fundamentais para modelar pescarias, todos sendo explicitamente espaço-temporal: o ambiente, o estoque de peixes e a frota pesqueira.

Corsi et al. (2000) aplicaram um modelo de produção de biomassa de equilíbrio, para avaliar a abundância dos recursos demersais na Itália, como uma função do esforço de pesca espacialmente distribuído. Peña et al. (2000) posteriormente simplificaram o modelo dinâmico do estoque e utilizaram um SIG para estimar o rendimento de um tipo de xixarro (*Trachurus simetricus*) (Carangidae) usando informações de grandes pescarias, observando uma relação entre rendimento e gradientes da temperatura da superfície do mar.

#### 2.5. Manejo de pescarias baseado no espaço

O manejo de pescarias baseado no espaço é a área menos representada na literatura de SIG. Isso se deve principalmente ao uso “caseiro” desta abordagem por agências de manejo e, no passado, esse tipo de trabalho geralmente não era aceito para publicação em periódicos. Este sistema tem um grande potencial como ferramenta de manejo no setor público, incluindo agências de manejo e governamentais, sendo possível incorporar dados de captura referenciados em tempo real (Hinds, 1992).

O controle da intensidade do esforço de pesca é um caminho direto para mitigar impactos de pescarias no ecossistema marinho, bem como para recursos pesqueiros, com o manejo de pescarias priorizando o monitoramento de embarcações em determinadas localizações. O SIG permite integração simultânea com sistemas de posição global (GPS), para essa finalidade, os softwares estão sendo desenvolvidos para realizar essa integração

(Simpson & Anderson, 1999). Pescadores também utilizam GPS para localizar áreas produtivas de pesca identificadas pela análise histórica de dados usando SIG (Simpson & Anderson, 1999).

Pesquisas utilizando SIG como ferramenta para mitigar o descarte de peixes estão em estágio de desenvolvimento. Softwares comerciais têm sido apontados como uma boa ferramenta para esse fim. Quando essa ferramenta estiver pronta para o uso

o manejo dos descartes é, sem dúvida nenhuma, o mais urgente e sério problema nas pescarias do mundo. Resultados publicados demonstram que SIG pode especificar pontualmente as áreas de descartes de espécies no espaço e tempo. Examinando a atual situação da aplicação de SIG na análise espacial de populações de peixes (Fig. 13.7), verifica-se que existem poucas aplicações em análises numéricas e projeções, a qual deve ser a direção para o futuro (Nishida & Booth, 2001).



**Figura 13.7** Sumário da atual situação da aplicação de SIG na análise espacial de populações de peixes. **Fonte** Nishida e Booth (2001).

### 3. A TEORIA DA ESTATÍSTICA ESPACIAL NAS CIÊNCIAS PESQUEIRAS

A independência probabilística entre unidades amostrais é uma suposição implícita em numerosas técnicas estatísticas, sendo muitas vezes pouco realista (Petitgas, 1996). Em geral, os recursos biológicos apresentam uma distribuição com dependência espacial, já que argumentos ecológicos como a promoção da reprodução e controle da mortalidade natural frente à atuação de predadores, favorecem a agregação espacial dos indivíduos (Helfman et al., 1997).

Essa distribuição espacial contagiosa dos organismos oferece um campo de ação para os dados espaciais, ou seja, dados onde a dependência está presente entre todos os valores obtidos em distintas localizações e em todas as direções, diminuindo com a distância. Os modelos espaciais são uma recente adição à literatura estatística (Manly, 2001). Áreas do conhecimento como Geologia, Epidemiologia, Ecologia, Astronomia ou qualquer disciplina que trabalhe com dados



coletados em diferentes localizações (variáveis regionalizadas) necessitam desenvolver modelos que levem em consideração as dependências entre os valores das variáveis em diferentes localizações.

Os dados espacialmente estruturados, também denominados “georreferenciados” ou “regionalizados”, podem ser contínuos ou discretos, agregações espaciais ou observações pontuais no espaço. As localizações espaciais podem ser regulares ou irregulares e estas localizações podem ser extraídas de um conjunto contínuo ou discreto, mas sempre terá caráter de processo estocástico, que pode ser formalizado do seguinte modo:

Seja  $s \in D$  uma localização concreta,  $D \subseteq \mathfrak{R}^d$  (conjunto de localizações possíveis de dimensão  $d = 1, 2$  ou  $3$ , segundo o experimento se desenvolva sobre uma transeção linear, uma superfície, ou considerando variações batimétricas). Os dados  $\{Z(s_1), Z(s_2), \dots, Z(s_n)\}$ , coletados em conhecidas localizações espaciais  $\{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ , são as medidas do recurso considerado e, uma vez que muitas realizações são possíveis, possui caráter de variável aleatória: variável georreferenciada ou regionalizada e permitem fazer inferências sobre a variável  $Z$  em toda a área de estudo.

Assim, no conjunto dos dados  $\{Z(s), s \in D\}$ , valores de  $Z$  nas distintas localizações de  $D$  é um vetor aleatório, e cada conjunto de valores deste vetor constitui uma realização do processo. Por outro lado,  $D$  não tem porque ser considerado fixo dentro de  $\mathfrak{R}^d$ , podendo ser considerado como um subconjunto aleatório, ou seja,  $D$  pode variar em cada realização concreta, adicionando ao problema outro tipo de aleatoriedade. O caráter aleatório ou fixo de  $D$  e o tipo de variável aleatória que é  $Z(s)$ , determinam distintas áreas da estatística espacial.

A Geoestatística é um conjunto de técnicas cujo objetivo é realizar inferências (estimação de parâmetros e contraste de hipóteses), relativos a variáveis espaciais, construindo modelos para interpretar essa estrutura espacial. Os modelos propostos podem ser submetidos a contrastes de

verificação. Esta fase do estudo constitui a “análise estrutural” das variáveis. Na área de avaliação e modelagem de recursos pesqueiros, as variáveis de interesse para estabelecer modelos e projeções no espaço bidimensional e tridimensional são a abundância, geralmente estimada na forma da captura por unidade de esforço (CPUE), a riqueza de espécies, tamanhos e pesos individuais dos recursos capturados e estágios reprodutivos. As variáveis que podem explicar ou prever a distribuição espacial dessas variáveis citadas acima, são a salinidade e temperatura da água, o oxigênio dissolvido, a clorofila  $a$ , o tipo de substrato onde a espécie foi capturada, a profundidade, a distância da costa e o tempo (mês, ano, estações do ano).

### 3.1. O variograma

Quando amostras são coletadas independentemente de outras, a variância pode ser estimada diretamente dos valores das amostras, sob algum pressuposto na correlação espacial (Cochran, 1977). Mas quando amostras não são coletadas independentemente de outras e quando a distribuição espacial dos organismos é estruturada, torna-se necessário o cálculo da variância das estimativas e previsões necessitam de um modelo para estabelecer a correlação espacial na população (Cochran, 1977).

Para realização de inferências é necessário fazer algumas suposições a respeito da variável espacial denotada genericamente por  $Z$ , de outro modo, os dados que representam uma amostra incompleta de uma única realização não permitiriam fazer tais inferências. Seja  $s$  uma localização concreta,  $h$  um vetor de deslocamento e  $Z(s)$  a variável espacial na localização  $s$ , a formulação das duas hipóteses intrínsecas são as seguintes:

$$1. E[Z(s+h)-Z(s)] = 0$$

Esta hipótese garante que a média da variável é independente de sua localização, ou seja, que o processo não apresenta tendências. Esta hipótese

é difícil de ocorrer na prática sem haver um pré-tratamento dos dados, onde, com frequência, existem comprovadas tendências em função da profundidade, distância da costa, condições ambientais dependentes da localização, entre outras.

## 2. $\text{Var}[Z(s+h)-Z(s)] = 2\gamma(h)$

Esta hipótese estabelece que a variância dos incrementos da variável a um deslocamento espacial de amplitude  $h$ , depende unicamente de  $h$  e não da localização. A função  $\gamma(h)$  recebe o nome de semivariograma ou variograma. Um processo estacionário de segunda ordem é aquele que cumpre os seguintes pressupostos:

$$1. E[Z(s)] = E[Z(s+h)] = m$$

$$2. \text{Cov}[Z(s), Z(s+h)] = E[(Z(s)-m) \cdot (Z(s+h)-m)] = C(h) < \infty$$

- 1) Indica que a média é constante, ou seja, independente da localização concreta.
- 2) Indica que existe a covariância e só depende de  $h$ .  $C(h)$  é chamado covariograma ou função covariante estacionária. Em particular, quando  $h=0$ , o covariograma é a variância, pelo que a segunda propriedade garante a existência da variância e sua independência com respeito à localização.

Se o covariograma só depende de  $h$  através de sua magnitude e  $C(h)$  é somente uma função de  $h$ , recebe o nome de isotrópico. Em caso contrário é chamado anisotrópico. Todo processo estacionário de segunda ordem cumpre as hipóteses intrínsecas (o recíproco não é verdadeiro), sendo possível, nesse caso relacionar o covariograma e o variograma:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2}\text{Var}[Z(s+h)-Z(s)] = \frac{1}{2} \cdot (Z(s+h) - C(h)) + \frac{1}{2} \cdot \text{Var}(Z(s))$$

Uma vez que  $\text{Var}(Z(s)) = \text{Var}(Z(s+h)) = C(0)$ , a relação esperada é:

$$\gamma(h) = C(0) - C(h)$$

O variograma mede a variabilidade média entre dois pontos  $s$  e  $s + h$ , em função de seu deslocamento  $h$ . O variograma é a pedra angular da Geoestatística (Isaaks & Srivastava, 1989), uma vez que permite o tratamento inferencial, seja estimação, previsão ou contraste de hipóteses. O variograma  $2\gamma(h)$  pode ser estimado a partir de uma amostra de dados espaciais. Um possível estimador  $2\gamma^*(h)$  é a média aritmética do quadrado das diferenças entre duas medidas experimentais  $[Z(s_i), z(s_i+h)]$ , em dois pontos separados por um vetor  $h$ , podendo ser descrito da seguinte forma (Journel & Huijbregts 2004):

$$2\gamma^*(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(s_i) - Z(s_i+h)]^2$$

Onde  $N(h)$  é o número de pares de localizações  $Z(s_i)$ ,  $Z(s_i+h)$  dos dados separados pelo vetor  $h$ .

O comportamento ideal para o variograma é o seguinte:

- 1) Se anula na origem, uma vez que para  $h=0$ ,  $Z(s+h)=Z(s)$ ;
- 2) É crescente em relação à  $h$ , até certo nível e logo se torna mais ou menos constante.

Esta “forma ideal” de variograma (Fig. 13.8) representa para Geoestatística o mesmo que a distribuição normal para a estatística convencional. Recebe o nome de **Modelo Esférico de Matheron**. Nesta forma ideal de variograma são encontrados dois parâmetros essenciais:

Escala (a) - É razoável supor que a influência entre duas localizações a uma distância  $h$  diminui quando  $h$  aumenta, ou seja, o variograma é crescente e a velocidade do incremento indicaria como a dependência diminui com a distância. Também parece claro que, à determinada distância, a influência desapareceria completamente, apresentando estabilização da curva. Esta distância crítica a partir da qual os valores não estão mais correlacionados é denominado de escala (a),

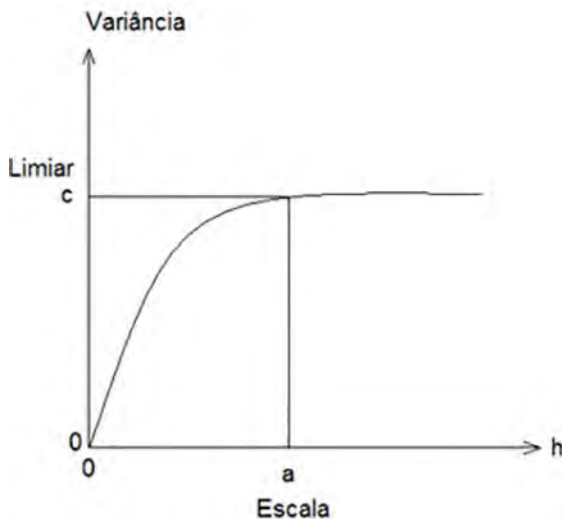
supondo-se uma definição precisa da noção de “zona de influência”.

Limiar (c) – é o valor referente à variância na escala. Se a variável é estacionária de segunda ordem o limiar alcança o valor da variância estacionária ( $h \geq a$ ):

$$\gamma(h) = 0,5 \cdot \text{Var}[Z(s+n) - Z(s)] = 0,5 \cdot [\text{Var}Z(s+h) - 2 \cdot C(h) + \text{Var}Z(s)]$$

Supondo que a variável é estacionária de segunda ordem:  $\text{Var}Z(s+h) = \text{Var}Z(s)$ , e supondo que para uma distância superior a escala (a) os valores não estariam mais correlacionados ( $C(h) = 0$ ):

$$\gamma(h) = 0,5 \cdot 2 \cdot \text{Var}Z(s) = \text{Var}Z(s)$$



**Figura 13.8** Comportamento ideal de um variograma estabelecido por Matheron, mostrando os parâmetros a (escala) e c (limiar).

Ainda que este comportamento seja esperado, em muitos casos o variograma não apresenta um limiar. Esta é uma diferença fundamental entre o variograma e a covariância: o variograma sempre existe, já que se assume que as hipóteses intrínsecas são verdadeiras, entretanto, a covariância só existirá em um variograma que

não apresenta um limiar se a função é também estacionária de segunda ordem.

As características particulares do fenômeno estudado originam, em muitos casos, um distanciamento do variograma do comportamento ideal estabelecido por Matheron. Um desses comportamentos distintos frequentemente observado, refere-se a uma descontinuidade na origem, ou seja, o variograma não tende a 0 quando o deslocamento entre observações é 0 (localizações amostradas em um mesmo ponto). Isto significa que a variável estudada é altamente descontínua em pequenas distâncias. Muitas variáveis mostram esse tipo de comportamento e recebem o nome de **efeito pepita**.

Obviamente,  $\gamma(0)$  deveria ser 0, já que a distância entre duas localizações é 0, considerando tratar-se da mesma posição e, portanto, não deveria existir diferença entre os dois valores da variável. Assim, para que o variograma apresentasse uma função contínua na origem deveria ocorrer  $\lim_{h \rightarrow 0} \gamma(h) = 0$ . No entanto, em muitos casos, o variograma é descontínuo na origem, ou seja:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \gamma(h) = c_0 > 0$$

O efeito pepita pode ser consequência de uma medida errônea, mas também pode indicar um comportamento irregular do fenômeno em pequenas distâncias. O efeito pepita seria, por exemplo, o resultado de introduzir cubos de gelo em um recipiente onde se está medindo a temperatura, ou ainda, o efeito produzido por pepitas de minérios em um depósito, cujo nome foi exatamente derivado de experimentos em depósitos de ouro no sul da África, para caracterizar este tipo de comportamento.

Na fase de análise estrutural dos dados é necessário modelar o variograma, ou seja, propor um modelo teórico, estimar seus parâmetros e verificar sua adequação aos dados experimentais. Em geral, não é certo que qualquer função positiva e não decrescente seja um modelo plausível para esta

modelagem, tornando-se necessário eleger um modelo considerado como admissível. A razão pela qual a escolha do modelo não deve ser livre é a definição do variograma como uma semivariância, a qual implica que é necessário satisfazer certas condições. Assim, esta escolha fica restringida a um conjunto de funções positivas e geralmente não decrescentes, cujos parâmetros (escala, limiar e efeito pepita) devem ser estimados. Os modelos admissíveis mais comuns são: Esférico, Exponencial, Potencial, Linear, Wisjian, Gaussiano, Cúbico, Cíclico, Sinusoidal e Efeito agulheiro.

### 3.2. Interpolação (Kriging)

O Kriging caracteriza-se em um tipo de interpolação, que recebeu esse nome após o engenheiro de minerais D.G. Krige desenvolver e propor essa técnica (Manly, 2001). Supõe-se que em uma área de estudo valores coletados  $y_1, y_2, \dots, y_n$  são conhecidos em  $n$  localizações e, espera-se estimar o valor  $y_0$  em outra localização, simplesmente assumindo que não há tendências nos valores de  $y$ . Então, a interpolação estima  $y_0$  por uma combinação linear de valores conhecidos:

$$\hat{y} = \sum a_i y_i,$$

com os pesos  $a_1, a_2, \dots, a_n$  para aqueles valores conhecidos escolhidos onde o estimador de  $y_0$  não é tendencioso, com a mínima variância possível para a predição do erro. A idéia geral é de que pontos próximos de  $y_0$  tenham pesos maiores que os pontos mais distantes.

A equação para determinar os pesos que são usados na equação acima é na maioria das vezes complicada. Autores como Thompson (1992), Goovaerts (1997) e Journel e Huijbregts, (2004) descrevem e explicam em detalhes essas equações. Elas são funções dos modelos assumidos para o variograma. Existem também diferentes tipos de Kriging, que resultam em modificações básicas do procedimento. Por exemplo, um Kriging simples assume que o valor esperado da

variável amostrada é constante e conhecido sobre toda a área de estudo; Kriging ordinário permite que a média varie em diferentes partes da região de estudo, utilizando apenas observações próximas para estimar um valor desconhecido; um Kriging com tendências assume uma tendência de suavização na média sobre a área de estudo.

O Kriging ordinário é atualmente o mais utilizado. Na prática, ele é feito em três estágios:

1. O variograma experimental é calculado para descrever a estrutura espacial nos dados;
2. Muitos modelos de variograma são ajustados para o variograma experimental, também por um procedimento chamado passo a passo ou por métodos de regressões não lineares, sendo um modelo escolhido para ser o mais apropriado;
3. As equações Kriging são usadas para estimar a variável de interesse em um número de localizações onde não foram coletadas amostras. Frequentemente o resultado é uma retícula de pontos que recobre toda a área de estudo.

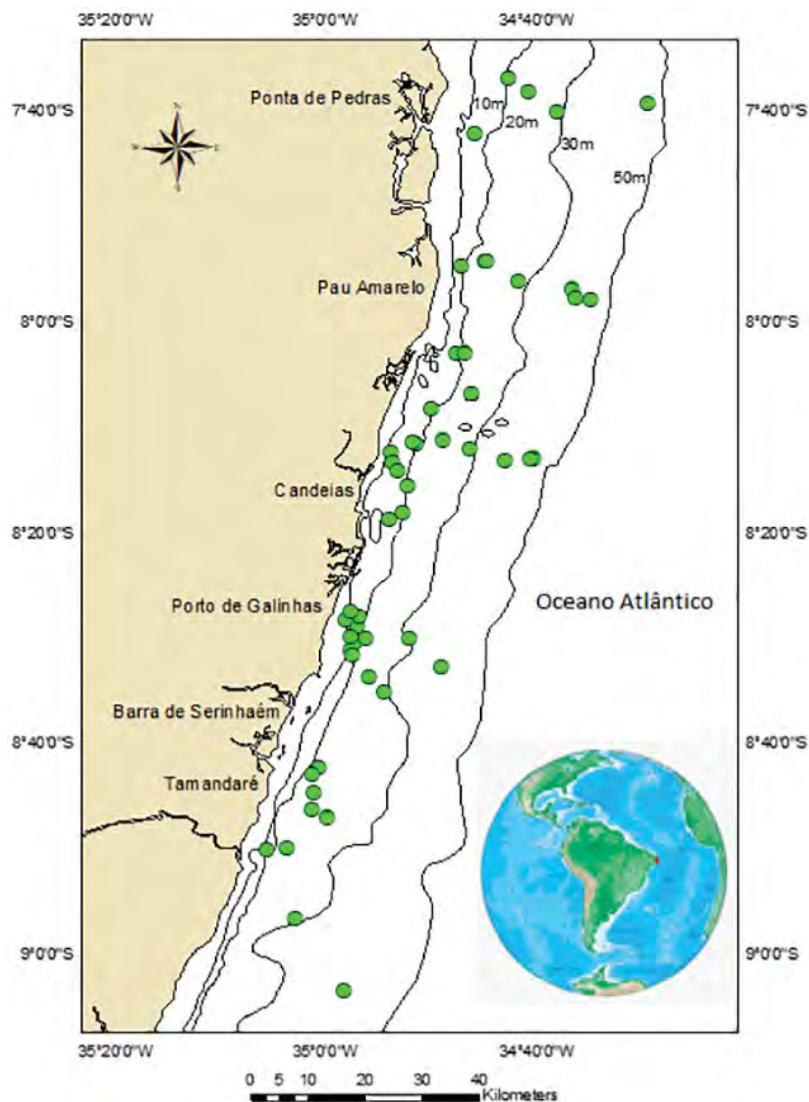
## 4. APLICAÇÕES DA GEOESTATÍSTICA NOS RECURSOS PESQUEIROS DO NORDESTE BRASILEIRO

Investigações estão sendo desenvolvidas na região Nordeste do Brasil, direcionando esforços para incluir nas avaliações de estoques a identificação dos habitats essenciais para peixes, empregando técnicas de estatística espacial, que avaliam a relação entre a presença das espécies com as variáveis ambientais. O desenvolvimento dessas metodologias, aliadas aos avanços do Sistema de Informação Geográfico (SIG) tem resultado em potentes modelos, capazes de estimarem e predizerem áreas preferencialmente ocupadas pelas espécies, assim como as relações da dinâmica populacional com as variáveis ambientais e espaciais.

Os modelos de distribuição de espécies estabelecem conexão direta com os modelos de habitats essenciais para peixes, quando se trata de espécies marinhas. A identificação dos habitats essenciais para peixes está diretamente relacionada a áreas marinhas que promovem aos peixes habitats mais favoráveis para reprodução, alimentação e crescimento, e tem por objetivo a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade das populações (Valavanis et al., 2008). A seguir serão apresentados estudos desenvolvidos na região Nordeste, que incluíram a estatística espacial na avaliação dos estoques pesqueiros.

#### 4.1. Estudos da distribuição espacial e temporal e avaliação dos estoques das populações de peixes marinhos capturados pela frota de rede de emalhar de Pernambuco

O projeto foi financiado pela FACEPE/CNPq e desenvolvido no Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas (DIMAR), do Departamento de Pesca da UFRPE. Esse projeto realizou entre agosto de 2010 e outubro de 2011 pescarias experimentais georreferenciadas na plataforma continental de Pernambuco, utilizando embarcações e redes de emalhar de fundo das localidades de Tamandaré, Barra de Serinhaém, Porto de Galinhas, Candeias, Pau Amarelo e Ponta de Pedras.



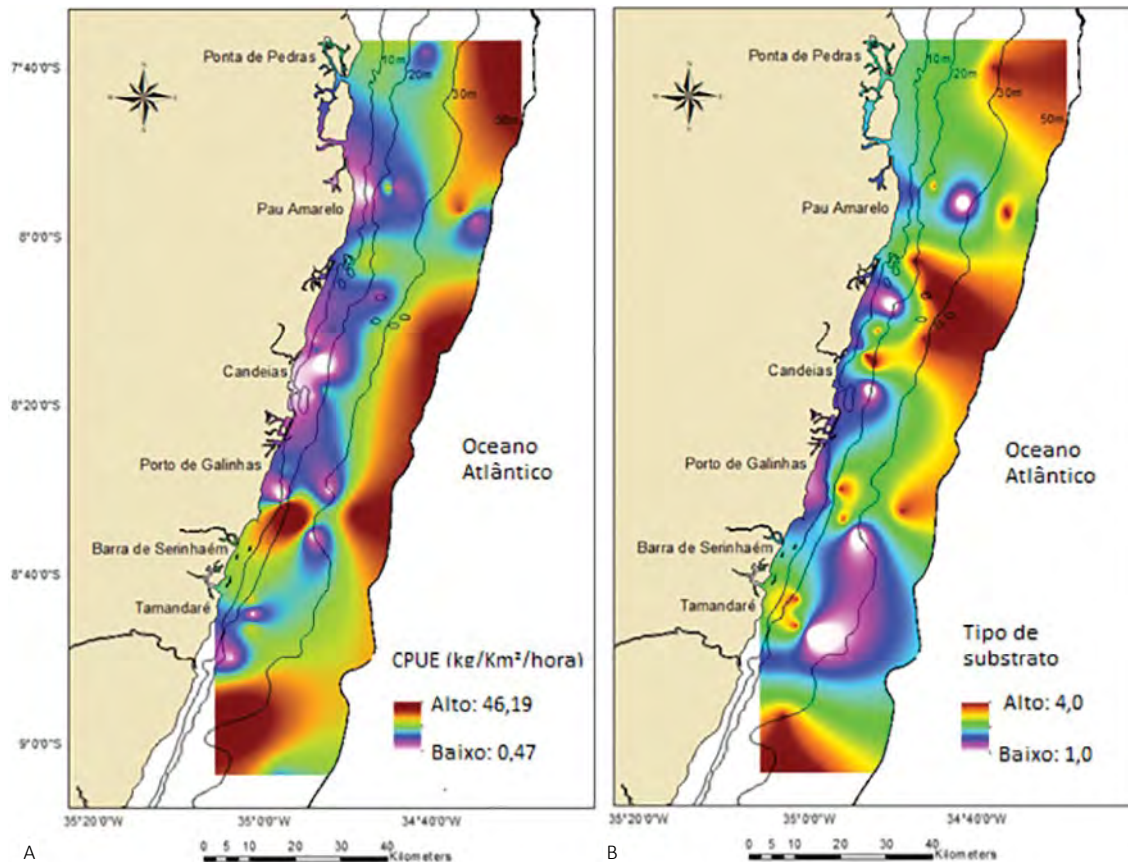
**Figura 13.9** Áreas de pesca (pontos verdes) onde os lances de rede de emalhar de fundo foram realizados na plataforma continental de Pernambuco.

Candeias, Pau Amarelo e Ponta de Pedras. Os principais objetivos desse estudo foram determinar a composição das capturas, estimar índices de abundâncias padronizados (CPUE), estabelecer a distribuição espaço-temporal dos índices de abundâncias, projetar os modelos em cartografias de abundância, assim como estimar a sobrevivência e taxas de mortalidades para os principais recursos capturados.

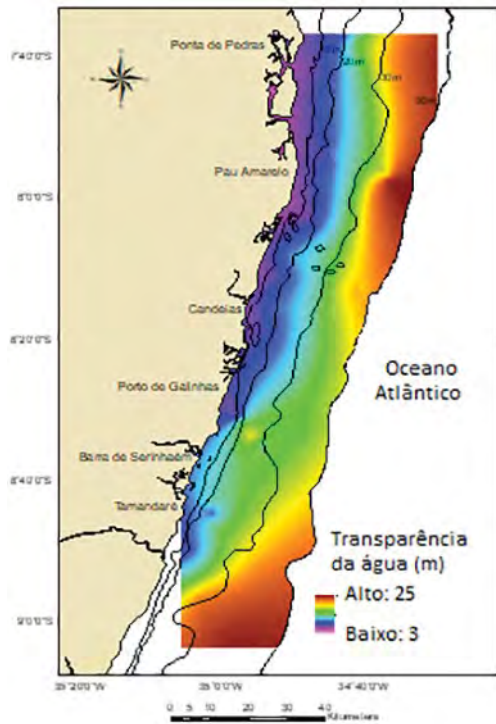
Foram realizadas 52 pescarias entre as latitudes de 9,06°S e 7,71°S (Fig. 13.9). As profundidades variaram de 3,3 a 53 m. As áreas de pesca apresentaram distâncias da costa de 2,2 a 35,9 km. Os comprimentos das redes variaram de 750 a 2.550 m, somando 78,83 km de redes utilizadas no período de estudo. As malhas possuíam

tamanhos de 45 mm entre nós opostos. Foram identificados 109 espécies e 77 gêneros, totalizando 41 famílias de peixes ósseos e 3 famílias de peixes cartilagosos. Do total de 2.035 t capturados foram medidos e pesados individualmente 2.011 t (98,8%), totalizando 4.633 exemplares.

As projeções no espaço bidimensional da abundância relativa de peixes (CPUE), utilizando técnicas de interpolação e estatística espacial apresentam, de uma forma geral, as maiores agregações de pescados em áreas próximas e a partir da isóbata de 30 m de profundidade, com valores inferiores em áreas mais próximas da costa, que apresentam menores profundidades (Fig. 13.10A). A interpolação dos substratos dentro da área de estudo demonstra maiores



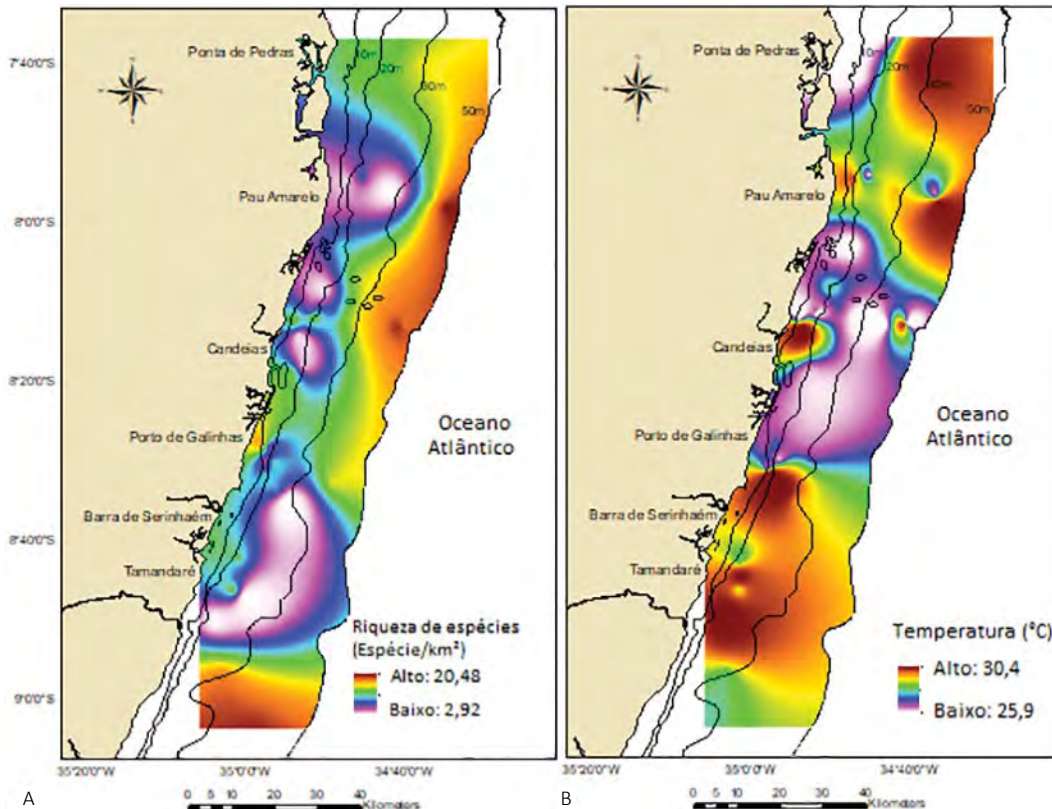
**Figura 13.10 A)** Interpolação da abundância relativa padronizada (CPUE) de peixes e **B)** do substrato (1-areia; 2-lama; 3-cascalho; 4-pedra), na plataforma continental de Pernambuco.



**Figura 13.11** Interpolação da transparência da água na plataforma continental de Pernambuco.

frequências de áreas de pedra a partir de 30 metros de profundidade (Fig. 13.10B), apresentando sobreposições com as áreas onde foram estimadas as maiores abundâncias na interpolação da CPUE. A interpolação da transparência da água (Fig. 13.11) apresenta águas mais claras a partir de 30 metros de profundidade e, segundo o modelo estabelecido para a biomassa, também está relacionada com o aumento da abundância de peixes.

A cartografia resultante da interpolação da riqueza de espécies apresenta tendência de maiores riquezas em áreas mais profundas e distantes da costa (Fig. 13.12A), que podem estar relacionadas a substratos mais consolidados como cascalho e pedra (Fig. 13.10B), com exceção da região entre Porto de Galinhas e Tamandaré, onde mesmo em áreas de maiores profundidades um baixo número de espécies foi estimado (Fig. 13.12A). Esse menor número de espécies identificadas nessa área pode estar relacionado a predominância de fundos de



**Figura 13.12 A)** Interpolação da riqueza de espécies de peixes estimada pelo modelo GLM e **B)** da temperatura da água, na plataforma continental de Pernambuco.

areia (Fig. 13.10B), onde a riqueza de espécies foi menor. Águas mais quentes observadas nessa região também podem explicar a baixa riqueza de espécies dessa área entre Porto de Galinhas e Tamandaré (Fig. 13.12B), uma vez que houve uma tendência de diminuição da riqueza de espécies conforme o aumento da temperatura da água.

De uma forma geral, a correlação negativa estimada entre a riqueza de espécies e a temperatura da água pode ser observada nas cartografias (Fig. 13.12A e 13.12B), principalmente a partir da isóbata de 30 m, exceto no extremo norte da área de estudo, onde houve a predominância de águas mais quentes e alta riqueza de espécies. A predominância de fundos de cascalho e pedra (Fig. 13.10B) pode estar relacionada a essas altas taxas de riqueza de espécies nessa região.

#### **4.2. Biodiversidade da plataforma continental da Baía Potiguar**

Esse projeto foi financiado pela PETROBRAS e desenvolvidos entre 2002 e 2006, no Laboratório de Biologia Pesqueira do Departamento de Oceanografia e Limnologia da UFRN. Apresentou como objetivos principais gerar dados georreferenciados através de arrastos com redes de porta entre 3 e 110 m de profundidade, permitindo identificar as espécies de peixes que são encontradas na região da plataforma continental da Baía Potiguar-RN, bem como conhecer os aspectos básicos da alimentação e reprodução destas espécies. Esses estudos geraram conhecimentos sobre os padrões de distribuição e variações espaço-temporal, índices de abundância e aspectos do ciclo de vida das espécies de peixes identificadas.

Interpolações foram estabelecidas para a biomassa ( $g/km^2$ ) e para a riqueza de espécies ( $espécies/km^2$ ), separadamente para os períodos de chuva e seco. No período chuvoso a biomassa de peixes se concentra em áreas mais profundas (Fig. 13.13A), em relação ao período seco, onde os recursos

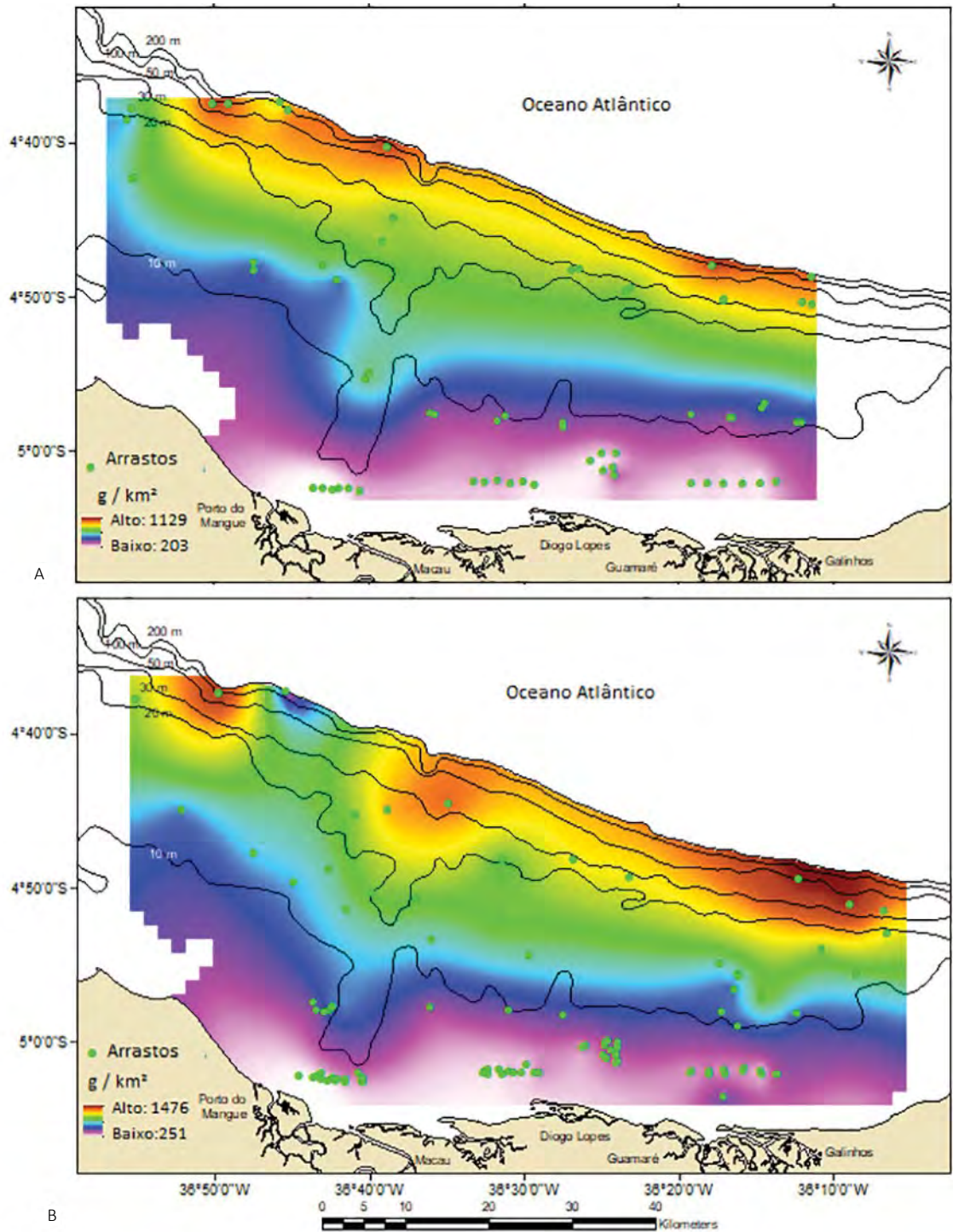
pesqueiros estão menos concentrados em grandes profundidades, exceto na porção leste da área de estudo (Fig. 13.13B). Os modelos estabelecidos para a riqueza de espécies apresentam um maior número de espécies concentradas em áreas mais rasas e a leste, com diminuição da riqueza de espécies em direção a áreas mais profundas (Fig. 13.14A e 13.14B).

#### **4.3. Projeto piloto de espacialização da área de atuação da frota pesqueira artesanal do litoral de Macau-RN.**

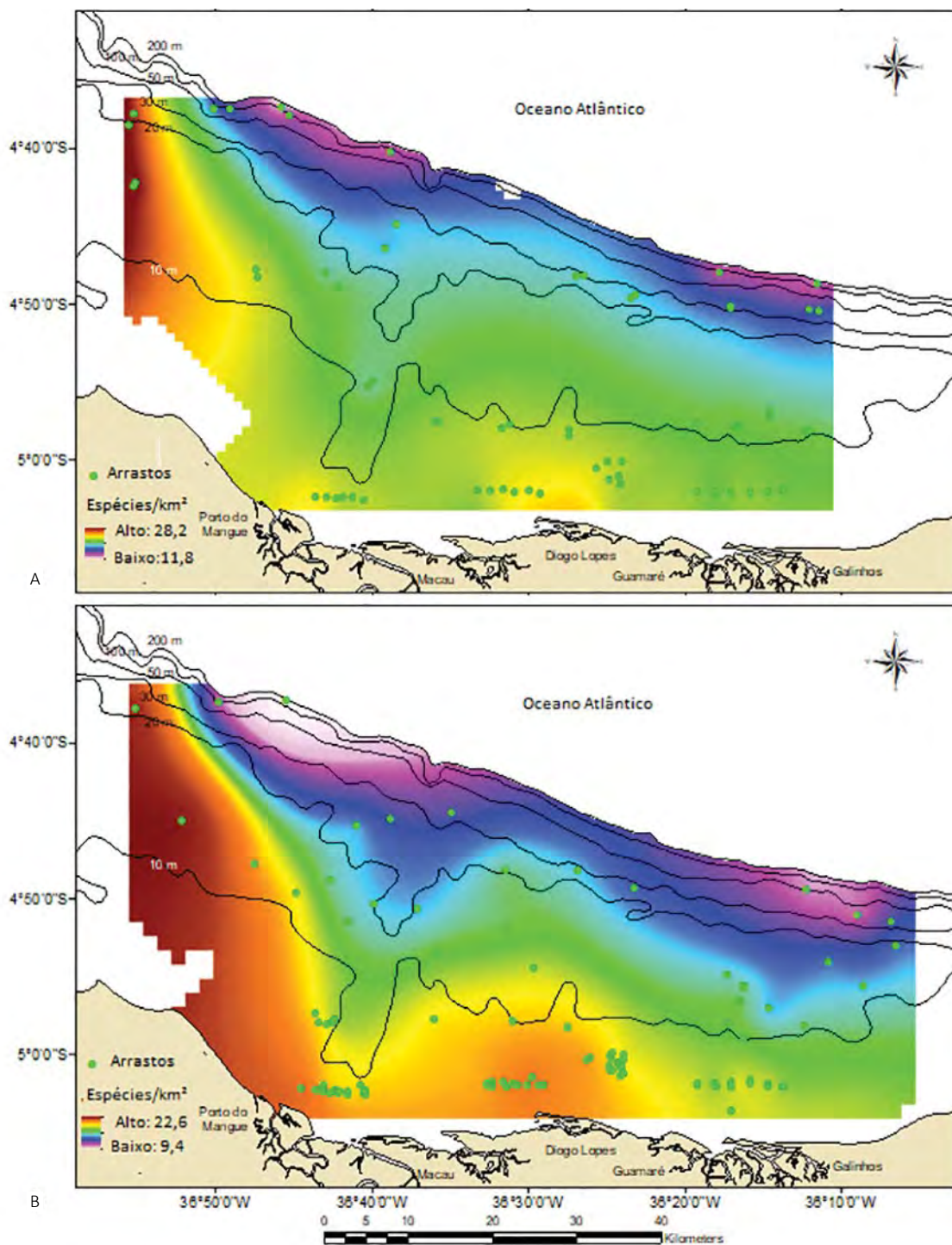
Esse projeto foi financiado pela Petrobras, com objetivo principal de identificar as áreas de operação das frotas pesqueiras artesanais de Diogo Lopes em Macau-RN e as espécies capturadas, através do monitoramento de 31 embarcações durante a realização de suas pescarias, utilizando rastreadores, ecosonda com GPS e GPS portáteis, a fim de georreferenciar os trajetos e áreas de pesca da frota pesqueira da região. O estudo possibilitou a análise e identificação da distribuição das frotas dentro da área de estudo, por meio da confecção de mapas georreferenciados com os dados gerados.

Entre 20 de março e 30 de maio de 2015 dados foram coletados diariamente em 31 embarcações, com auxílio de 15 ecosondas (Echomap 50S GARMIN), 11 GPS's (Etrex 20 GARMIN) e 5 rastreadores *SPOT Trace*. Os equipamentos foram instalados e programados para gerar registros (data, hora, latitude e longitude) em intervalos de 30 segundos para as ecosondas e GPS e 2,5 minutos para os rastreadores. Análises geoestatísticas foram realizadas com os softwares Oasis Montaj 6.4.2 (Copyright © 2007, Geosoft Inc.) e ESRI® Arc Map. 10.0 (Copyright © 1999-2010 ESRI Inc.). Interpolações das densidades de embarcações foram estimadas utilizando os registros gerados. Um total de 1.148 viagens de pesca foram acompanhadas, com 816.076 pontos registrados (Fig. 13.15A). Altas densidades de

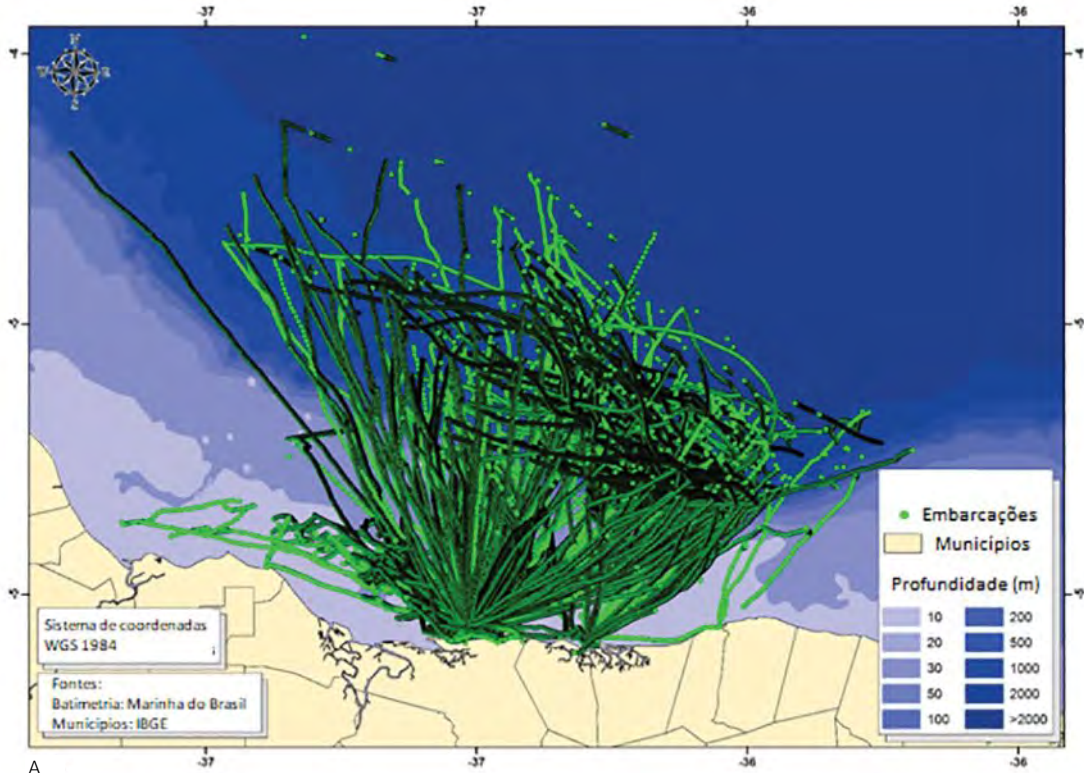




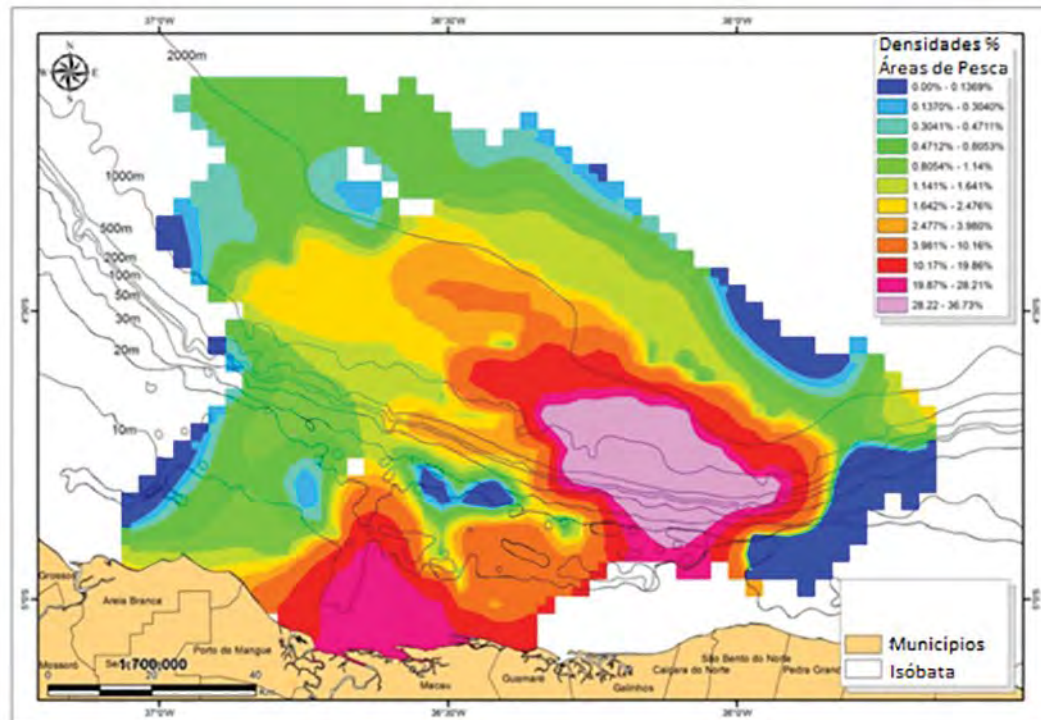
**Figura 13.13 A)** Cartografias das interpolações da biomassa de peixes, estimadas no período chuvoso e **B)** seco, na Baía Potiguar do Rio Grande do Norte. **Fonte** Nóbrega et al. (2019).



**Figura 13.14** A) Cartografias das interpolações da riqueza de espécies de peixes, estimadas no período chuvoso e B) seco, na Baía Potiguar do Rio Grande do Norte. **Fonte** Nóbrega et al. (2019).

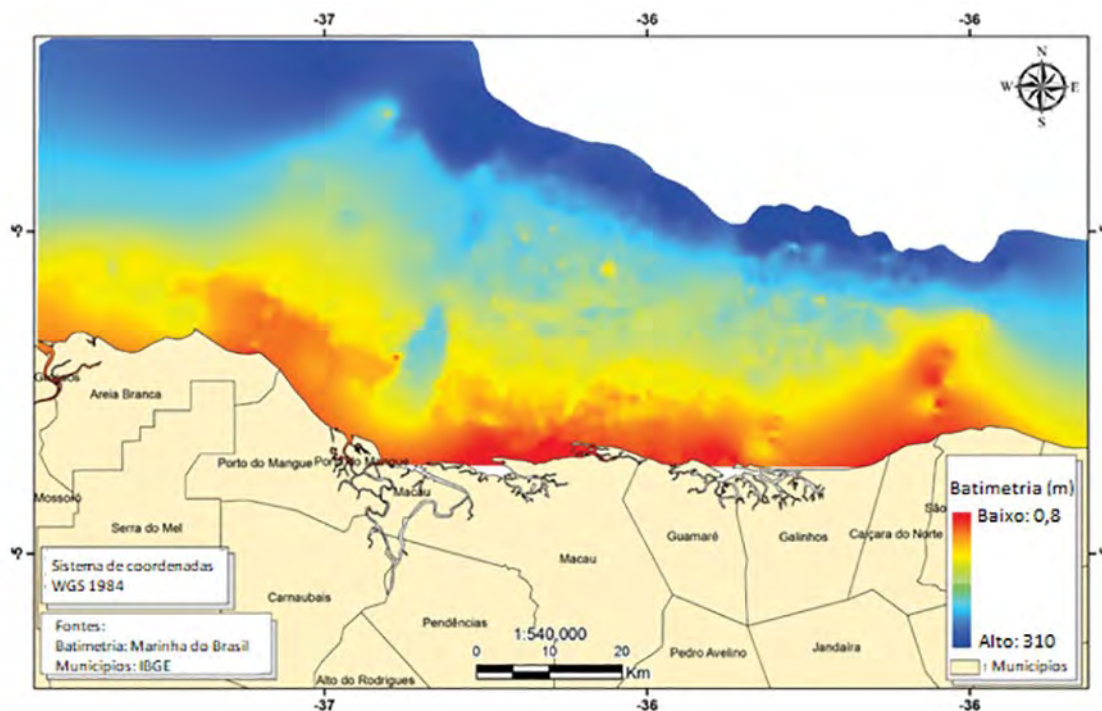


A



B

**Figura 13.15** A) Registros gerados pelas embarcações nos seus trajetos e áreas de pesca; B) Interpolação da probabilidade de presença dos barcos, considerando as áreas de pesca. **Fonte** Nóbrega e Bezerra (2017a).



**Figura 13.16** Cartografia batimétrica estimada a partir dos dados gerados das ecosondas de 15 embarcações monitoradas na Baía Potiguar do Rio Grande do Norte. **Fonte** Nóbrega e Bezerra (2017b).

embarcações foram estimadas a nordeste da área de estudo, entre as isóbatas de 50 m e 2.000 m (Figura 13.15B), resultante de embarcações que capturam o peixe-voador (*Hirundichthys affinis*) e utilizam espécimes vivos para captura do dourado (*Coryphaena hippurus*), da albacora (*Thunnus albacares*) e agulhões (*Tetrapturus pfluegeri* e *Istiophorus platypterus*).

Outro produto estabelecido com esses dados, foi a interpolação das profundidades estimadas, utilizando os registros gerados pelos 15 barcos que foram equipados com as ecosondas (latitude, longitude e profundidade). Nesse caso, a técnica utilizada foi a Krigagem e modelo de semivariância circular, considerando uma resolução de um metro

quadrado. Um total de 616 viagens de pesca foram acompanhadas, com 438.075 pontos registrados. As profundidades medidas pelos sonares variaram entre 0,38 e 930,41 m (média=25,82 m  $\pm$ 60,12 m). Profundidades de até 300 m foram selecionadas para estabelecer a interpolação, que apresentou um bom ajuste aos dados, gerando valores de 0,8 a 310 m, descrevendo as características do relevo submarino na plataforma continental da área de estudo (Fig. 13.16). Os dados gerados pelas ecosondas, juntamente com as técnicas de interpolação empregadas permitiram gerar uma cartografia batimétrica da área de estudo, com baixo custo e com razoável precisão, considerando-se a resolução de um metro quadrado.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da análise espacial, com desenvolvimento das técnicas de geoestatística e posterior mapeamento, utilizando um SIG para identificar tendências da abundância, estrutura de tamanho, peso e etária dos recursos pesqueiros contribuem para um melhor entendimento da distribuição espaço-temporal desses recursos explorados na região Nordeste, assim como, para aplicação dessa metodologia na análise da distribuição espacial de importantes recursos pesqueiros da região. As possibilidades analíticas e funcionais oferecidas pelo SIG permitem aperfeiçoar a visualização, facilitar a investigação da dinâmica espaço temporal associada com peixes, pescarias e seus ecossistemas. Sistemas Geográficos de Informação são frequentemente utilizados por várias disciplinas e, não é surpresa, que atualmente essa tecnologia venha sendo incorporada dentro das investigações de pescarias.

As técnicas de geoestatística resultam em importantes mapas que facilitam a visualização e compreensão da distribuição espacial dos

organismos. Aplicar essa metodologia aos dados dependentes de pescarias não é uma tarefa fácil, representando um grande desafio, mas que apresenta resultados bastante satisfatórios. Especial dificuldade é enfrentada pela falta de um desenho amostral das localizações de pesca, onde as áreas representam localidades as quais a frota historicamente identifica como as mais produtivas. Para calcular a variância e identificar a correlação espacial de organismos é aconselhável que as localizações de coleta apresentem distâncias regulares, aspecto mais importante para produzir estimativas precisas.

Essas importantes ferramentas e técnicas permitem incorporar as avaliações de estoques dos recursos da região Nordeste do Brasil, bem como de outras regiões, as características da distribuição espacial dos recursos, contribuindo para o estabelecimento de uma plataforma de avaliação e criação de medidas que visem ordenar a exploração dos recursos pesqueiros da costa brasileira.

## REFERÊNCIAS

- AULT, J. S.; DIAZ, G. A.; SMITH, S. G.; LUO, J.; SERAFY, J. E. **Design of an efficient sampling survey to estimate pink shrimp population abundance in Biscayne Bay, Flórida.** N.Am.J.Fish. Manage, v.19 (3), p. 696-712, 1999.
- BOOTH, A. J. **Incorporating the spatial component of fisheries data into existing stock assessment models.** ICES J. Mar. Sci, v.57, p. 858-865, 2000.
- COCHRAN, W. **Sampling techniques.** New York: John Wiley and Sons, 1977.
- CORSI, F.; AGNESI, S.; ARDIZONNE, G. **Integrating GIS and surplus production models: A new approach for spatial assessment of demersal resources?** In: Nishida, T. (org). Proceedings of First International Symposium on GIS in Fishery Science, GIS Fishery Research Group, Saitama, p.143-156, 2000.
- FISHER, W. L.; TOEPFER, C. S. **Recent trends in geographic information systems education and fisheries research applications in U.S. universities.** Fisheries, v.23 (5), p.10-13, 1998.
- FISHER, W. L. **Integrating GIS across disciplines: how the intersection of biology and geography has influenced fisheries GIS.** In: NISHIDA, T.; CATON, A.E (org). GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences (Vol. 5). International Fishery GIS Society, Japan, p.003-018, 2013.
- FOOTE, K. G. **Quantitative fisheries research surveys, with special reference to computers.** In: MEGREY, B. A.; MOKNESS (org), Computers in Fisheries Research, London: Chapman and Hall, p. 80-112, 1996.
- FRIEL, C. **Improving sport fish management through new technologies: The Florida Marine Resources GIS.** In: Celebrating 50 years of the Sport Fish Restoration Program. American Fisheries Society, Bethesda, Supplement to Fisheries, p.30-31, 2000.
- HINDS, L. **World marine fisheries: Management and development problems.** Marine Policy, v.16, p. 394-403, 1992.
- JOHNSON, S. O. **Mapa Fantasma: Como a luta de dois homens contra o cólera mudou o destino de nossas metrópoles.** Rio De Janeiro, Jorge Zahar Editor Ltda, 2008.
- JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, J. C. H. **Mining Geostatistics.** New Jersey, The Blackburn Press, 2004.
- LEGENDRE, P.; FORTIN, M. J. **Spatial pattern and ecological analysis.** Vegetation, v.80, p. 107-38, 1989.
- MANLY, B. F. J. **Statistics for environmental science and management.** New York, Chapman & Hall, 2001.
- MATHERON, G. **Traité de Géostatistics Appliquée, Vol 1 and 2, Technip, Paris.** In: Journel, A. G.; Huijbregts, J. C. H (org.). Mining Geostatistics. New Jersey The Blackburn Press, 2004.
- MAURY, O.; GASCUEL, D. SHADYS, **a GIS based numerical model of fisheries.** Example application of a marine protected area. Aquatic Living Resource, v.12, p. 77-88, 1999.
- Naiman, R.J. **A perspective on interdisciplinary Science.** Ecosystems, v.2, p. 292-295, 1999.
- NISHIDA, T.; BOOT, A. J. **Recent Approachs Using GIS in the Spatial Analysis of Fish Populations.** Spatial Processes and management of Marine Populations Alaska Sea Grant College Program. AK-SG-01-02. p. 19-36, 2001.
- NOBREGA, M. F.; BEZERRA, F. T. A. **Use of Global positioning system equipment to identify areas of operation of the artisanal fishing fleet of Rio Grande do Norte in northeast Brazil.** In: Seventh International Symposium on GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences, Program and Abstract Proceedings. Saitama, International Fishery GIS Society, v.7, p.106- 107, 2017.
- NOBREGA, M. F.; BEZERRA, F. T. b. **Bathymetric mapping using data generated by echo sounders on vessels of the artisanal fishing fleet on the continental shelf of Rio Grande do Norte in northeast Brazil.** In: Seventh International Symposium on GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences, Program and Abstract Proceedings. Saitama, International Fishery GIS Society, v.7, p.95- 96, 2017.
- NOBREGA, M. F.; GARCIA Jr., J.; RUFENER, M. C.; LINS OLIVEIRA, J. E. **Demersal fishes of the northeast Brazilian continental shelf: Spatial patterns and their temporal variation.** Regional Studies in Marine Science, v.27, p.1-12, 2019.
- PETITGAS, P. **Geostatistics for the fish stock assessment: A review and an acoustic application.** ICES Journal of Marine Science, v.50, p.285-98, 1993.
- PEÑA, H.; GONZALEZ, C.; VÉJAR, F. **Spatial dynamics of jack mackerel fishing grounds and environmental conditions using a GIS.** In: Nishida, T. (org.). Proceedings of First International Symposium on GIS in Fishery Science. GIS Fishery Research Group, Saitama, p. 107-113, 2000.
- RUBEC, P. J.; MCMICHAEL, R. H. **Ecosystem management relating habitat to marine Fisheries in Florida.** In: Rubec, P.J.; O'Hop, J. (org.). GIS applications for fisheries and coastal resources management. Gulf States Mar. Fish. Comm. Rep.43, Mississippi, Ocean Springs , p.5-14, 1996.

ROSS, S. W.; OTT, J. **Development of a desktop GIS for estuarine resource evaluation with an example application for fishery habitat management.** *In*: NISHIDA, T. (org.). Proceedings of First International Symposium on GIS in Fishery Science. GIS Fishery Research Group, Saitama, 2000.

RUBEC, P. J.; SMITH, G. S.; COYNE, M. S.; WHITE, M.; MONACO, M. E.; AULT, J. S. **Spatial Modeling of Fish Habitat Suitability in Florida Estuaries.** Spatial Processes and management of Marine Populations Alaska Sea Grant College Program. AK-SG-01-02. p.1-18, 2001.

SIMPSON, P. K.; ANDERSON, D. J. **FishTrek: Putting GIS into the hands of the fishing fleet.** *In*: NISHIDA, T. (org.). Proceedings of First International Symposium on GIS in Fishery Science. GIS Fishery Research Group, Saitama, 1999.

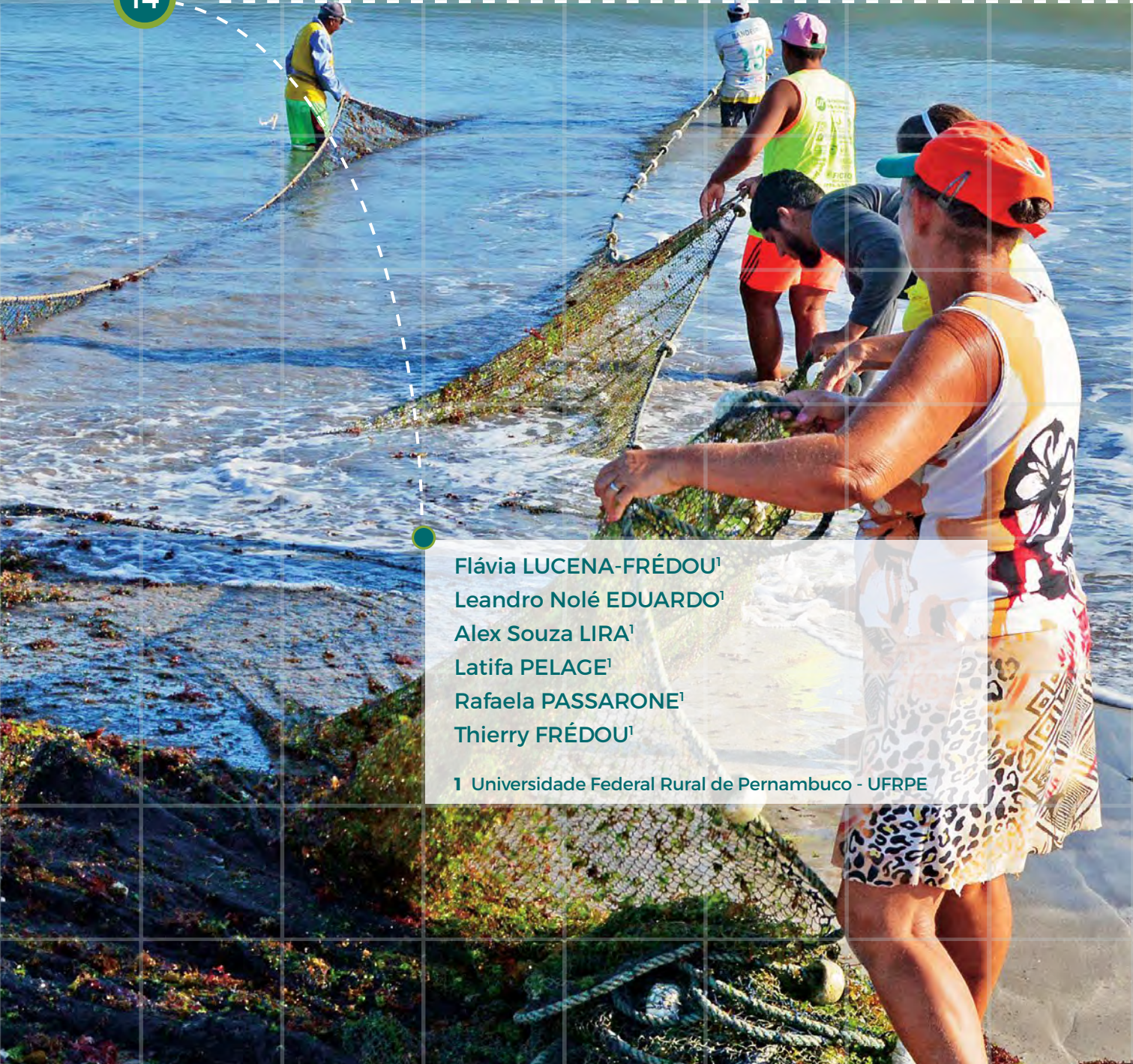
WALTERS, C. J.; CHRISTENSEN, V.; PAULY, D. **Structuring dynamic model of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessment.** *Reviews in Fish Biology and Fisheries* v.7, p.139-172, 1997.

WIEBE, P. H.; BEARDSLEY, R. C.; MONTAIN, D. G.; BUCKLIN, A. **Global ocean ecosystem dynamics: initial program in Northwest Atlantic.** *Sea technology*, v.37(8), p.67-76, 1996.

VALAVANIS, V. D.; PIERCE, G. J.; ZUUR, A. F.; PALIALEXIS, A.; SAVELIEV, A.; KATARA, I.; WANG, J. **Modelling of essential fish habitat based on remote sensing, spatial analysis and GIS.** *Hydrobiologia*, v.612, p. 5-20, 2008.FOTO

# ATIVIDADE PESQUEIRA ARTESANAL NO NORDESTE DO BRASIL

14

A group of people are shown pulling a large fishing net in the ocean. The net is being hauled onto a sandy beach. The people are wearing various colored shirts and hats, and some are wearing life jackets. The water is blue and the sky is clear. The net is covered in seaweed and other marine life.

Flávia LUCENA-FRÉDOU<sup>1</sup>  
Leandro Nolé EDUARDO<sup>1</sup>  
Alex Souza LIRA<sup>1</sup>  
Latifa PELAGE<sup>1</sup>  
Rafaela PASSARONE<sup>1</sup>  
Thierry FRÉDOU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE





## 1. HISTÓRICO E CONTEXTUALIZAÇÃO

A pesca é a extração de organismos aquáticos do seu ambiente natural, sendo estes utilizados para alimentação, recreação, ornamentação e fins comerciais. No Nordeste do Brasil, essa atividade vem sendo realizada mesmo antes do período colonial, onde comunidades indígenas utilizavam variadas espécies de crustáceos, moluscos e peixes na sua alimentação (Diegues, 1999). Como exemplo, a presença de inúmeros depósitos de conchas em sítios arqueológicos (sambaquis) atesta a importância desta atividade na região há 2 mil anos (Diegues, 1999). Do período colonial até o fim da escravidão (1888), também foram registradas diversas atividades pesqueiras na região Nordeste. Estas eram realizadas principalmente por escravos africanos, mas também por pequenos agricultores e habitantes dos vilarejos locais (Diegues, 2006). Espécies de tainha (*Mugil spp.*), por exemplo, foram uma importante fonte de proteína para populações costeiras (Diegues, 2006).

Posteriormente, do fim da escravidão até os dias atuais, o desenvolvimento da pesca acompanhou o crescimento populacional e avanços tecnológicos, abrangendo novas modalidades de captura e grupos sociais (Diegues, 2006). Atualmente, a pesca é praticada em uma grande variedade de ecossistemas que influenciam a forma como as atividades são organizadas. A grande variabilidade de habitats, espécies, e condições oceanográficas

são exemplos de fatores que levaram ao desenvolvimento de inúmeras modalidades de pesca. Em 2010, na região Nordeste estavam registrados e ativos cerca de 373.000 pescadores profissionais (46% mulheres e 54% homens), representando 44% do total de pescadores do país, distribuídos em ao menos 20 modalidades de pesca (Lessa et al., 2004; MPA, 2011). De acordo com a Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009 (a seguir referida como Lei da Pesca), hoje são reconhecidas em território brasileiro cinco categorias de pesca: artesanal, subsistência, industrial, amadora e científica.

A definição de pesca artesanal ainda é questão de debate, entretanto, entende-se como atividade realizada por comunidades tradicionais que apresentam a pesca como principal meio de sobrevivência, sendo caracterizada pelo baixo auxílio tecnológico, uso de poucos equipamentos e pequenas embarcações. Além disso, inclui ritmos, estratégias de coleta, e saberes próprios, adquiridos através da oralidade e prática (Cidreira-Neto & Rodrigues, 2017). No Brasil, esta pescaria é definida como aquela praticada diretamente por pescador profissional, de forma autônoma ou em regime de economia familiar, com meios de produção próprios ou mediante contrato de parceria, desembarcado ou utilizando embarcações de pequeno porte (definição atribuída pela Lei da Pesca). Apesar de

ser reconhecida como uma importante atividade socioeconômica, a falta de estatística pesqueira, somada a grande diversidade e descentralização dos desembarques, dificulta a avaliação da real dimensão dessa atividade. No entanto, estima-se que a pesca artesanal seja responsável por 75% da produção da região Nordeste, concentrando a maior parte dos pescadores (>95%; Paiva, 1997; Diegues, 2006). Outra importante característica da pesca artesanal é a complexa relação humana com o ambiente. Ela é construída sobre valores, muitas vezes não monetários, e que contribuem para dimensões não materiais de bem-estar. Esses valores são essenciais para identidade cultural e social; orgulho ocupacional; espiritualidade e saúde mental e física de milhares de pescadores (Allison et al., 2020). Como exemplo, a atividade pesqueira artesanal deu origem a inúmeras culturas litorâneas, como a do “jangadeiro”, encontrada do Ceará até o sul da Bahia (Silva & Diegues, 1993). Da mesma forma, a experiência de pesca compartilhada por comunidades tradicionais contribuiu para origem de importantes organizações sociais, como a pastoral de pesca, ligada à igreja católica, que na década de 1980 iniciou movimentos que garantiram aos pescadores direitos trabalhistas, tais como os benefícios da aposentadoria (Diegues, 2006).

De maneira similar, a pesca de subsistência também é caracterizada pelo baixo auxílio tecnológico e fortes valores não monetários. No entanto, é restrita ao consumo doméstico ou escambo sem fins lucrativos. Essa atividade é comumente exercida de forma autônoma ou, em algumas ocasiões, com o auxílio de familiares e amigos. Catadores de caranguejo, marisqueiras e pescadores de pontes são exemplos de grupos sociais que geralmente realizam pesca de subsistência. Na região urbana do Recife, por exemplo, a pesca de subsistência acontece frequentemente nas principais pontes que cortam o estuário do Rio Capibaribe (Santos et al., 2014).

Outra importante modalidade na região Nordeste é a pesca industrial, sendo aquela praticada por pessoa física ou jurídica e envolvendo pescadores

profissionais, sempre com fins comerciais (Lei da Pesca). Essa atividade comumente inclui recursos tecnológicos (**ex:** *Global Position System* GPS e ecossonda), podendo utilizar embarcações de pequeno, médio ou grande porte (Lei da Pesca). Na região Nordeste, a pesca industrial concentra suas atividades principalmente sobre a plataforma continental, ilhas e bancos oceânicos, tendo como principais alvos os atuns e afins, capturados através do espinhel (Lessa et al., 2004; Paiva, 1997). A baixa predominância da pesca industrial na produção é resultado, principalmente, da alta diversidade de ecossistemas e baixa densidade de estoques, o que dificulta o desenvolvimento da frota de larga escala e favorece a pesca artesanal (Barros, 2001; Lessa et al., 2004).

A pesca amadora, por sua vez, é aquela praticada tendo por finalidade o lazer ou o desporto (Lei da Pesca). Os produtos dessa modalidade são comumente utilizados para o consumo próprio, ornamentação, obtenção de iscas vivas ou para o pesque e solte. Embora não possua estatística oficial, a atividade é realizada ao longo de toda região Nordeste, movimentando setores econômicos como turismo e comércio (**ex:** lojas de materiais náuticos e de pesca). Por fim, a pesca científica é aquela conduzida por pessoa física ou jurídica, com finalidade de levantamento de dados (Lei da Pesca). É realizada ao longo de toda região Nordeste através das universidades, institutos federais, ONGs (Organizações Não Governamentais) e centros de pesquisas. Essa modalidade de pesca comumente requer autorização prévia do ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade).

Nas etapas seguintes deste capítulo, descrevemos a pesca artesanal realizada na região Nordeste do Brasil, abordando um contexto histórico no que diz respeito à estatística pesqueira, incumbência da gestão e avaliação dos estoques. Adicionalmente, descrevemos as principais modalidades de pesca na região, quanto à embarcação, arte de pesca empregada e espécie capturada, por ambiente marinho.

## 2. O QUE? QUANTO? ONDE PESCAMOS? A ESTATÍSTICA PESQUEIRA NO NORDESTE DO BRASIL

A estatística pesqueira no Brasil ao longo dos anos foi de competência de diferentes órgãos ou institutos de levantamento de dados (Fig. 14.1), sendo inicialmente catalogadas apenas informações básicas de captura total em toneladas por unidade da Federação. A série histórica da estatística pesqueira nacional foi iniciada em 1947 com o Ministério da Agricultura, especificamente a Divisão Caça e Pesca (DPA) e o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e encerrada oficialmente com o último boletim em 2011 publicado pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2011). Entretanto,

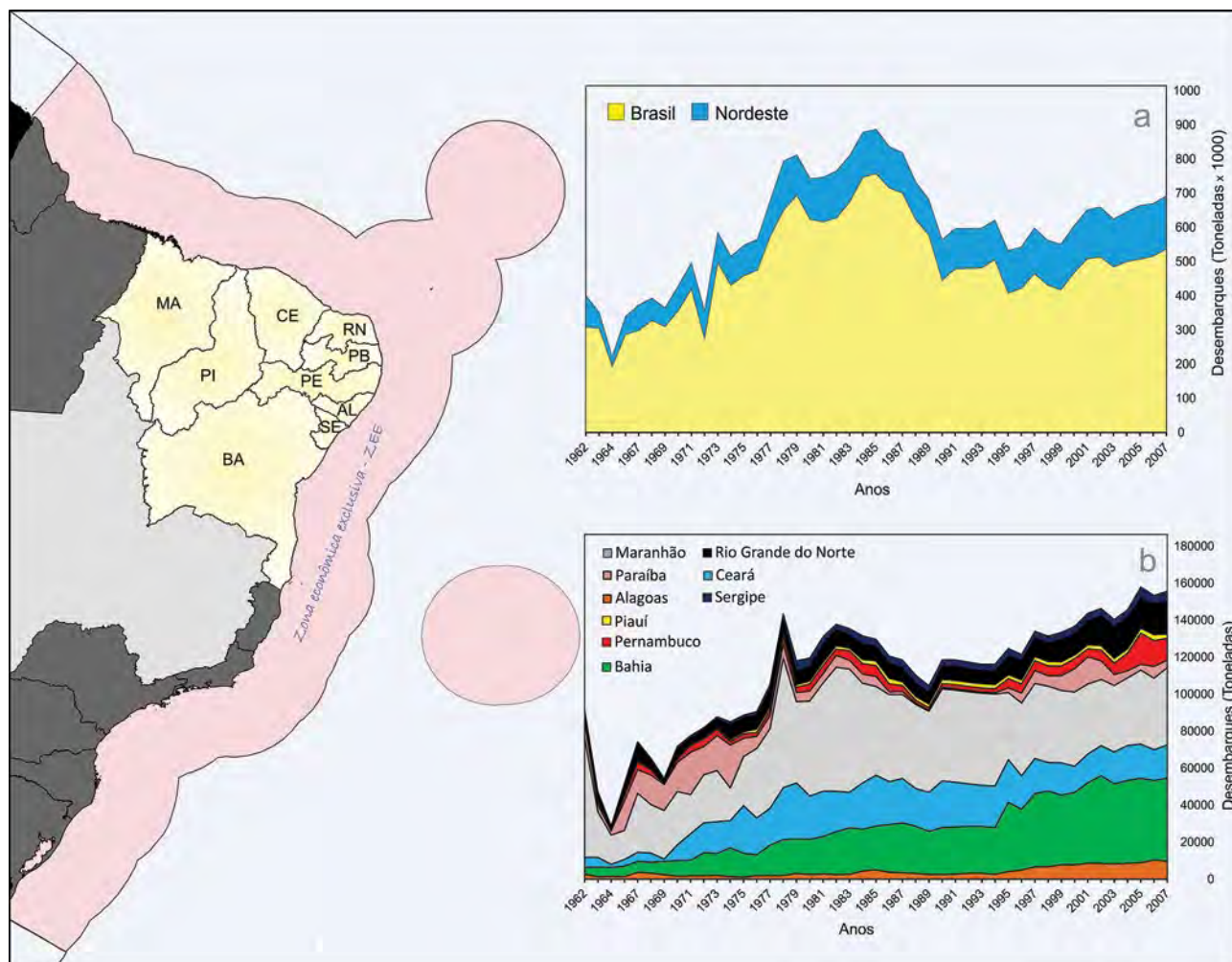
as informações reportadas anteriores a 1962 e posteriores a 2007 são consideradas controversas e com pouca confiabilidade, motivo pelo qual tratamos neste presente capítulo de caracterização da estatística pesqueira da região Nordeste apenas das informações entre os anos de 1962 a 2007 (Freire et al., 2015). A partir deste período (década de 1960), os boletins estatísticos foram se consolidando até apresentarem um nível de detalhamento espacial (Estados/Municípios), temporal (meses), de ambientes (continental/marinho), recursos e aparelhos de pesca que permitiam um diagnóstico mais preciso do cenário dos recursos aquáticos explorados. Neste capítulo iremos detalhar as principais espécies e artes de pesca reportadas pela Estatística oficial brasileira, em termos de volume de desembarque até o ano de 2007, quando o último documento foi publicado.



**Figura 14.1** Linha do tempo dos órgãos responsáveis pela estatística pesqueira no Nordeste do Brasil. \*O boletim de 2008 foi divulgado no ano de 2009 já sob responsabilidade do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA).

Entre 1967 e 2007, o Nordeste representava 23% da produção pesqueira marinha nacional (Fig. 14.2), chegando a alcançar 33,5% segundo o último boletim estatístico pesqueiro em 2011 (MPA, 2011). Assim, em razão da estrutura e importância da atividade, o Nordeste foi uma das regiões mais afetadas com o fim dos programas de monitoramento pesqueiro no Brasil. Uma tendência crescente nos desembarques é reportada principalmente a partir do ano de 1977, na qual a região ultrapassou a barreira das 100.000 toneladas/ano. Os incentivos fiscais da Superintendência do Desenvolvimento da

Pesca- SUDEPE (Ver capítulo: O ordenamento pesqueiro brasileiro, competência e instrumentos de gestão) ao desenvolvimento pesqueiro nacional e uma estatística pesqueira consolidada foram dois dos principais fatores associados a este cenário. Entre os anos 1962 e 2007 foi desembarcado em média um total de 111.442 toneladas/ano de pescado na região Nordeste, com os estados do Maranhão (36%), Bahia (21%), Ceará (16%) e Rio Grande do Norte (8%) representando 81% do total de desembarques marinho, e os demais estados (Piauí, Pernambuco, Paraíba, Alagoas e Sergipe) somavam 19% (Fig. 14.2).



**Figura 14.2 A)** Total de desembarques de recursos marinhos (em toneladas) para o Brasil/Nordeste e **B)** por estado no Nordeste do Brasil durante 1962-2007.

Devido às características das pescarias, a maior parte das atividades pesqueiras no Nordeste se enquadra como pesca artesanal, entretanto, registra-se uma diversidade de modalidades, desde coletas manuais de mariscos, ostras e caranguejos, diferentes redes de emalhar e espera, espinhéis, linhas, bem como as redes de arrasto (Lessa et al., 2009; Nóbrega & Lessa, 2007) (Fig. 14.3), fazendo da atividade pesqueira no Nordeste extremamente diversa considerando os diferentes estados da Federação. A pesca de linha, por exemplo, tem expressivas contribuições para as capturas totais nos estados do Ceará (46%), Piauí (26%) e Bahia

(22%), enquanto as redes de emalhe e associadas (**ex:** malhadeira, serreira, etc.) apresentam percentual de captura acima de 10% ao longo de todo Nordeste (Fig. 14.3) (ver descrição das artes de pesca na seção 3.2). Três estados têm as pescarias de arrasto como uma das principais modalidades de exploração dos recursos pesqueiros, representando 34%, 20%, 13% do total desembarcado em Sergipe, Alagoas e Bahia, respectivamente (Fig. 14.3). A coleta manual também é frequentemente reportada, contribuindo para os desembarques marinhos, principalmente nos estados do Piauí (36%), Paraíba (53%) e em Pernambuco (18%) (Fig. 14.3).



A diversidade de habitats e principalmente a extensão em território, propiciam uma maior área de pesca que fazem do Maranhão, Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte os principais produtores nordestinos, explorando importantes recursos de alto valor comercial, como o pargo *Lutjanus*

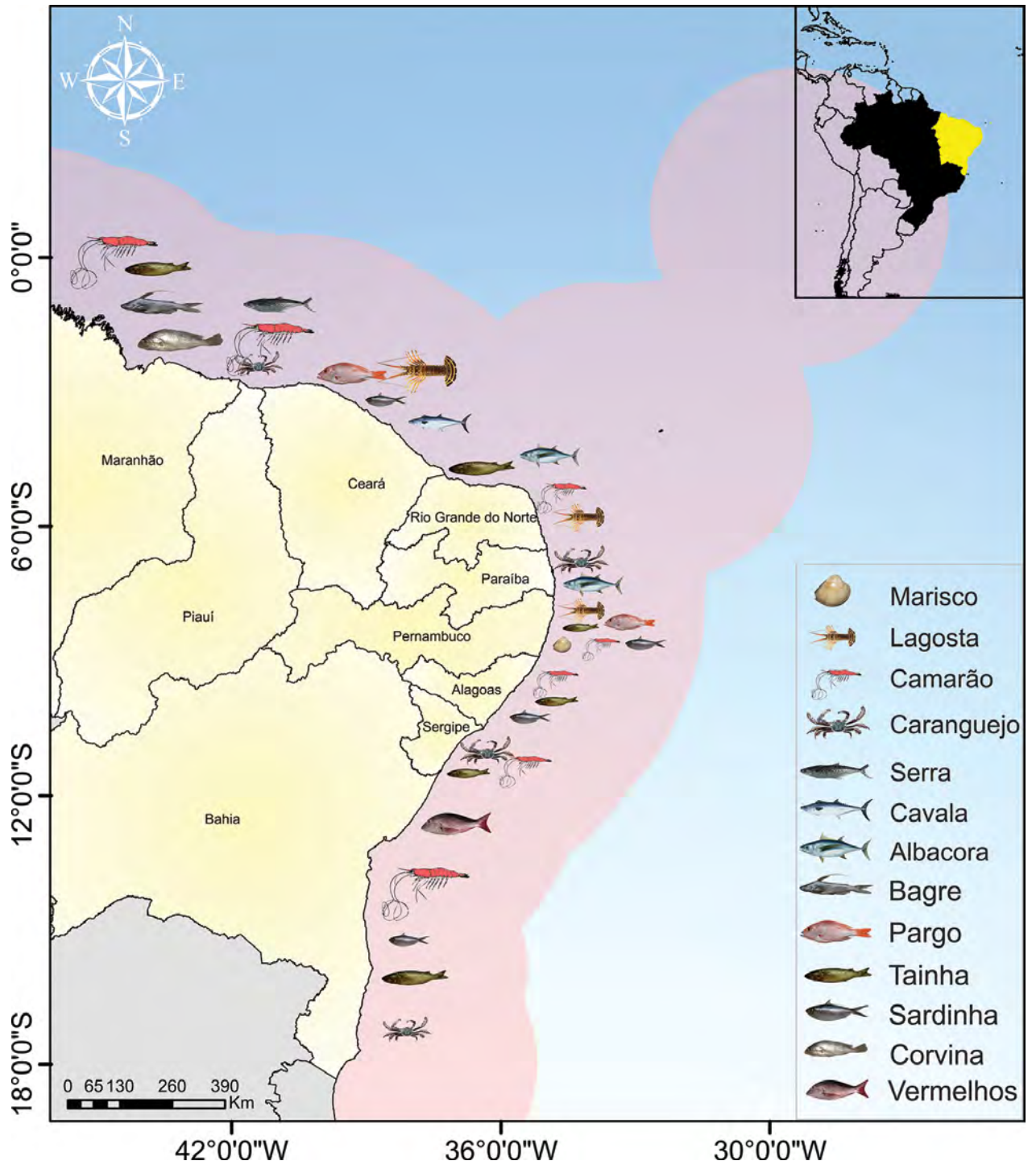
*purpureus*, os atuns do gênero *Thunnus* spp. e as lagostas do gênero *Panulirus* spp. (Tab. 14.1), que normalmente são exportados para o mercado internacional, sendo uma pequena parcela consumida nacionalmente (Fig. 14.4).

**Tabela 14.1** Nomenclatura dos principais grupos e respectivas espécies reportadas na estatística oficial na região Nordeste do Brasil, considerando o volume desembarcado entre 1962 e 2007.

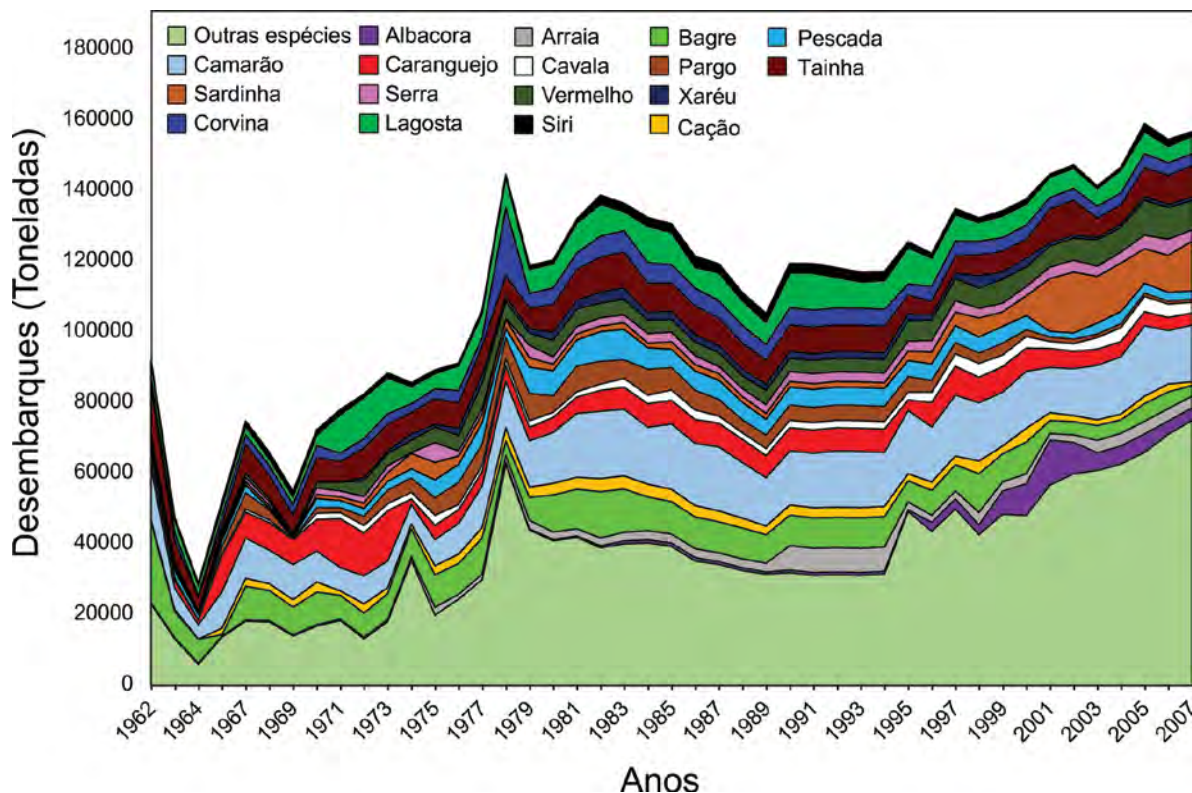
Grupos	Espécies
Albacora	<i>Thunnus obesus</i> ; <i>Thunnus alalunga</i> ; <i>Thunnus albacares</i> ; <i>Thunnus atlanticus</i> .
Arraia	<i>Gymnura altavela</i> ; <i>Gymnura micrura</i> ; <i>Mobula birostris</i> ; <i>Mobula mobular</i> ; <i>Mobula thurstoni</i> ; <i>Mobula tarapacana</i> ; <i>Narcine brasiliensis</i> ; <i>Pseudobatos horkelii</i> ; <i>Pseudobatos percellens</i> ; <i>Rhinoptera bonasus</i> ; <i>Rhinoptera brasiliensis</i> ; <i>Aetobatus narinari</i> ; <i>Hypanus berthaltzuae</i> ; <i>Hypanus guttatus</i> ; <i>Hypanus marianae</i> ; entre outras.
Bagre	<i>Genidens genidens</i> ; <i>Bagre marinus</i> ; <i>Bagre bagre</i> ; entre outros.
Cação	Várias espécies das famílias: Lamnidae, Carcharhinidae, Triakidae, Odontaspidae, Sphyrnidae, Alopiidae e Squalidae.
Camarão	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i> ; <i>Penaeus schmitti</i> ; <i>Penaeus subtilis</i> .
Caranguejo	<i>Ucides cordatus</i> .
Cavala	<i>Scomberomorus cavalla</i> .
Corvina	<i>Micropogonias furnieri</i> .
Lagosta	<i>Panulirus meripurpuratus</i> ; <i>Panulirus laevicauda</i> .
Marisco	<i>Anomalocardia brasiliensis</i> .
Pargo	<i>Lutjanus purpureus</i> .
Pescada	<i>Cynoscion</i> spp.; <i>Macrodon</i> spp.
Sardinha	Inúmeras espécies das famílias Clupeidae e Engraulidae ( <b>ex:</b> <i>Opisthonema oglinum</i> ).
Serra	<i>Scomberomorus brasiliensis</i> .
Siri	<i>Callinectes</i> spp.
Tainha	<i>Mugil</i> spp.
Vermelhos	<i>Lutjanus</i> spp.
Xaréu	<i>Caranx hippos</i> ; <i>Caranx latus</i> ; <i>Caranx lugubris</i> .

Ao todo, 17 grupos de espécies correspondem a 67% dos desembarques marinhos na região Nordeste totalizando 75.446 toneladas/ano entre 1962 e 2007 (Fig. 14.5). Os grupos Camarão, Bagre, Tainha, Vermelhos e Lagosta são os principais recursos pesqueiros explorados na região

(Tab. 14.1), representando aproximadamente metade dessa captura, 39.000 toneladas/ano. Devido à dificuldade de obtenção de informações mais precisas, vários destes grupos correspondem a múltiplas espécies (Fig. 14.5, Tab. 14.1).



**Figura 14.4** Principais recursos pesqueiros marinhos explorados pelos estados da região Nordeste do Brasil entre 1962 e 2007, considerando o volume de desembarque.



**Figura 14.5** Captura total dos principais recursos marinhos (em toneladas) por grupo/espécie desembarcados no Nordeste do Brasil durante 1962-2007.

### 3. DESCRIÇÃO DA PESCA ARTESANAL NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

#### 3.1. Descrição das embarcações

A heterogeneidade dos habitats na região Nordeste, assim como os vários níveis de desenvolvimento tecnológico, induziram a criação de diversos tipos e categorias de embarcações, desde embarcações de pequeno porte tecnologicamente simples sem casaria, convés ou motorização (como jangadas e baiteiras) até barcos motorizados com capacidade de armazenagem e conservação do pescado, todas elas com casco de madeira.

A frota artesanal é constituída por uma grande diversidade de embarcações que foram descritas com detalhes por Lessa et al. (2004) no âmbito do

Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva – REVIZEE. No entanto podemos destacar, ordenando as categorias por desenvolvimento tecnológico, embarcações de pequeno alcance com propulsão a remo e vela, embarcações com ou sem casaria com propulsão a vela com autonomia de vários dias e embarcações motorizadas com casarias e convés fechado (detalhamento na Tab. 14.2). As embarcações a vela constituem a principal parte da frota da região Nordeste (74,1%), seguidas por embarcações a motor (23,1%) e remo (2,8%) (IBAMA, 1991- 2001). As características variam de acordo com os aspectos sócio-ambientais da



**Tabela 14.2** Descrição das principais categorias de embarcações operando na pesca artesanal. **Adaptado** de Lessa et al. (2004).

Nome	Descrição	Propulsão	Atuação
Jangada, paquete ou catraia.	Embarcação sem casaria, convés ou quilha e casco chato de madeira revestido com isopor na sua parte interior.	Vela, remo ou vara.	Pescarias de ida-e-volta.
Baitera.	Similar a jangada, mas com convés podendo ser fechado ou aberto tendo uma quilha.	Vela.	Pequena autonomia sendo geralmente utilizada em pescarias estuarinas e próximas da costa.
Canoa, também conhecida como "Caíco", "Curicaca", "Patacho" ou "Biana".	Embarcação de fundo chato sem casaria, convés ou quilha.	Vela ou remo.	Atua nos estuários e perto da costa com algumas exceções nos estados do Piauí e Ceará onde pode atuar em pescarias de até 14 dias e deslocamentos aproximados de 100 km.
Bote à vela, Bote de casco ou "bastardo".	Embarcação sem casaria (cabine) mas com um convés fechado. O casco é de madeira com quilha.	Vela.	Autonomia de até 14 dias, principalmente no Rio Grande do Norte e Ceará, onde opera até a região oceânica.
Bote motorizado.	Casaria alta um casco em forma de "V" tendo um "frade" colocado na proa para receber um mastro.	Motores de potência variando de 18 a 65 hp.	Maior autonomia de mar dentre todas as embarcações da região (até 21 dias), sendo responsáveis pelos desembarques mais expressivos da frota artesanal do Nordeste.

área de atuação dos pescadores. Por exemplo, o predomínio das embarcações a vela reflete o baixo custo de construção e manutenção e às condições climáticas favoráveis, propiciando ventos fortes e constantes o ano todo. Nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, as embarcações à vela constituíram mais de 60% do total de barcos (IBAMA, 1991 a 2001).

### 3.2. Descrição das artes de pesca

Uma grande variedade de aparelhos de pesca é utilizada pelos pescadores artesanais ao longo da

plataforma da região Nordeste. A utilização varia de acordo com o ecossistema no qual o pescador atua e com o grupo de espécies-alvo das pescarias. Três principais categorias de arte de pesca podem ser destacadas: linha de mão, redes e armadilhas (Lessa et al., 2004; Nóbrega & Lessa, 2007). Estas principais categorias são descritas a seguir. Outras modalidades relevantes na pesca estuarina estão descritas na seção 3.3.1.

A linha de mão é a principal modalidade utilizada, sendo responsável por mais de 85% dos desembarques da pesca artesanal marinha da região, podendo ser dividida em três categorias: Linha de fundo, Linha de superfície e Corrico (Tab. 14.3).

**Tabela 14.3** Principais modalidades da pesca de linha no Nordeste do Brasil. **Adaptado** de Lessa et al. (2004) e Nóbrega e Lessa (2007).

Nome	Descrição	Espécies/grupos alvo
Linha de fundo.	Linha principal de poliamida monofilamento, com lastro "chumbada" preso na extremidade e, às vezes, um destorcedor para evitar a torção do fio. As linhas secundárias contam de 1 a 3 anzóis, que podem estar dotadas de "estropo" (fio de aço). A linha de fundo deve ter comprimento adequado à profundidade do pesqueiro.	Famílias Lutjanidae, Serranidae, Carangidae e Haemulidae e as espécies como sardinha-laje ( <i>Opisthonema oglinum</i> ) e garapau ( <i>Selar crumenophthalmus</i> ) servem como isca.
Linha de superfície.	Linha principal, onde se fixam linhas secundárias ambas de poliamida monofilamento, com menor diâmetro que a principal; geralmente afixado um anzol por linha secundária. Também pode apresentar estropo principalmente para a captura das cavalas.	Atuns ( <i>Scombridaeos</i> ), cavala-empinge ( <i>Acanthocybium solandri</i> ), cavala-branca ( <i>Scomberomorus cavalla</i> ) e dourados ( <i>Coryphaena</i> spp.). Sardinhas, peixes-voadores ( <i>Cypselurus cyanopterus</i> e <i>Hirundichthys affinis</i> ) e garapau ( <i>Selar crumenophthalmus</i> ) capturados ou adquiridos previamente, são utilizados como isca.
Corrico ou corso.	Confeccionado em poliamida monofilamento, composta de até sete linhas de mesmo diâmetro, cada uma com um anzol, sem chumbada, arrastadas pela embarcação durante os deslocamentos entre pesqueiros e ao redor deles.	Captura similar à da linha de superfície.

Em relação às redes, três categorias de modalidades são encontradas na região: a rede de emalhar, a rede de cerco e a rede de superfície (para peixe voador) (Tab. 14.4).

**Tabela 14.4** Principais modalidades da pesca de rede no Nordeste do Brasil. **Adaptado** de Lessa et al. (2004) e Nóbrega e Lessa (2007).

Nome	Descrição	Espécies alvos
Rede de emalhar.	Confeccionado em náilon monofilamento. Apresenta diversos formatos tanto no seu comprimento quanto no tamanho das malhas empregadas, variando de acordo com as espécies alvo da pescaria. O comprimento varia de 800 a 3.600 m com altura de até 2 m constituído por malhas de 35 a 130 mm entre nós opostos. Aparelho operado por embarcações motorizadas e a vela, podendo ser fixo ao fundo ou à deriva. Outros tipos de emalhes podem ser encontrados como caceia, malhão, rede de espera e tainheira.	Geralmente direcionada à captura da serra ( <i>Scomberomorus brasiliensis</i> ), também é empregada na captura de cações, sardinhas e pescadas.
Rede de cerco.	Comprimento entre 30 e 45 m com uma altura de 4 m no centro "copo" e 1,5 m nas extremidades "mangas". As malhas utilizadas são de 12 a 15 mm, entre nós opostos. A operação ocorre na superfície, em profundidades de 4 a 12 m. "batidas" na água são comumente empregadas no centro do cerco, para que os peixes se dirijam à rede e se emalhem mais facilmente.	Cardumes de espécies costeiras como tainhas e sardinhas.
Rede de superfície, pode ser chamada de rede para peixe-voador.	Apresenta uma área de 9 m de largura por 1,5 m de altura com malhas de 30 mm entre nós opostos. Pescadores operam essa rede na zona oceânica em profundidades variando de 600 a 1.000 m deixando a rede amarrada ao barco à deriva. Esta atividade ocorre principalmente no estado de Rio Grande do Norte sendo denominada localmente de "caçoieira".	Peixes-voadores (peixe-voador-de-quatro-asas <i>H. affinis</i> durante o período de reprodução da espécie de abril até julho).

As armadilhas encontradas podem ser fixas (currais) ou semi-fixas (covo) (Tab. 14.5).

**Tabela 14.5** Principais modalidades da pesca de armadilha no Nordeste do Brasil. **Adaptado** de Lessa et al. (2004), Marques e Ferreira (2010), Nóbrega e Lessa (2007) e Oliveira et al. (2015).

Nome	Descrição	Espécies alvos
Curral.	Constituída de panagem semelhante a uma rede de emalhar de malha 35 mm que reveste toda a estrutura fixada por estacas fincadas no substrato. O conjunto do curral tem altura cerca de 30 cm acima da altura máxima atingida pela maré. Com a maré vazante, os peixes ficam retidos na área cercada pela rede ou nas proximidades. Os pescadores visitam o curral geralmente na maré seca, quando se torna mais fácil fazer a despesca. Usam uma rede de despesca formada por uma rede de náilon de 3 mm de malha 30 mm entre nós e cerca de 4,5 metros de comprimento, presa a dois mourões.	Carangídeos de médio e grande porte, e como alvos secundários, o pampo ( <i>Trachinotus</i> spp.) e o timbiru ( <i>Oligoplites</i> spp.).
Covo de Peixe também conhecida como "manzuá para peixes".	Estrutura, de formato hexagonal, de madeira podendo ser revestida por palhetas de "canabrava", tela de arame ou panagem plástica. Possui abertura em um dos lados "sanga", permitindo a entrada dos peixes. Durante a operação, 20 covos, em média, ficam amarrados por uma corda "cangalha" em profundidades de 12 a 60 m e permanecem por um dia no fundo sendo, no final, rebocados para a embarcação, onde são despescados.	Pesca multiespecífica sendo as principais famílias (com o principal representante): Haemulidae (sapuruna: <i>Haemulon squamipinna</i> ), Lujanidae (ariocó: <i>Lujtanus synagris</i> ), Carangidae (xaréu: <i>Caranx</i> spp.) e Epinephelidae (sirigado: <i>Mycteroperca bonaci</i> ). Os budiões ( <i>Sparisoma axillare</i> e <i>S. frondosum</i> ), caraúna ( <i>Acanthurus chirurgus</i> ) e saramunete ( <i>Pseudupeneus maculatus</i> ) são espécies importantes para exportação.
Covo de lagosta ou manzuá.	Única arte de pesca autorizada por lei na pesca da lagosta (IBAMA- Instrução Normativa nº 138, de 6 de dezembro de 2006). Aparelhos de formato retangular confeccionados em madeira, com malha plástica rígida com 5 cm entre-nós. A abertura que permite entrada dos animais é denominada de "sanga". Lançados em grupos de cinco até dez. O grupo é denominado de "canga". Permanece no mar entre cinco e sete dias.	Lagosta-vermelha antes chamada de <i>Panulirus argus</i> , recentemente reclassificada taxonomicamente como <i>Panulirus meripurpuratus</i> (Giraldes & Smyth, 2016) e lagosta-verde ( <i>Panulirus laevicauda</i> ).

### 3.3. Descrição da pesca por ambiente e recurso

#### 3.3.1. A pesca estuarina no Nordeste do Brasil

A pesca nos estuários da região Nordeste tem uma estreita relação com os manguezais que servem como áreas de reprodução, alimentação e desova (Ramos et al., 2016; Reis-filho & Leduc, 2018). Além disso, o mangue constitui uma zona de berçário essencial, pois os juvenis de muitas espécies migratórias marinhas dependem de áreas de manguezais que oferecem condições adequadas para seu crescimento (Archambault et al., 2018) e

abrigo (Nanjo et al., 2014). Assim, os manguezais são um componente chave na sucessão de habitats costeiros e marinhos interligados, dos quais depende o rendimento da pesca tropical e, portanto, a subsistência essencial das comunidades pesqueiras (Carrasquilla-Henao & Juanes, 2017; Manson et al., 2005; Reis-Filho et al., 2019).

A pesca no estuário tem diversas modalidades (Fig. 14.6). A coleta manual, às vezes utilizada com auxílio de dispositivos portáteis como o jereré, é principalmente realizada por mulheres que coletam mariscos em estoque natural, sem nenhuma forma de cultivo (Da Silva, 2009). As marisqueiras

exploram principalmente o molusco bivalve *Anomalocardia brasiliiana*, localmente conhecido como búzio (Gomes et al., 2019). Podem também comercializar o búzio grande *Lucina pectinata*, sururu *Mytella guyanensis*, e os crustáceos *Callinectes* sp. (siri), *Ucides cordatus* (caranguejo-uçá) e *Goniopsis cruentata* (aratú), além de peixes de pequeno porte ou indivíduos jovens de algumas espécies que atingem grande porte (*Gerres* spp., *Eucinostomus* spp., *Haemulon* spp., *Haemulopsis corvinaeformis*, *Conodon nobilis*, *Mugil* spp. e *Lutjanus* spp.) (Dias et al., 2007). Ademais, algumas comunidades ribeirinhas usam a ratoeira, para a pesca do guaiamum (*Cardisoma guanhumi*) que é um caranguejo endêmico dos manguezais, planícies salinas e estuários brasileiros, com crescimento lento, ocupando áreas restritas. Essa espécie foi classificada como Criticamente Ameaçada, e o esgotamento desse recurso é suscetível de impactar diretamente algumas comunidades tradicionais do Nordeste, onde sua extração é mais frequente (Pinheiro & Boos, 2016).

A pesca estuarina é também caracterizada pelo uso de diversas redes. Essas redes podem ser ativas como redes de arrasto puxadas por uma ou duas pessoas, e tarrafas que são redes de encobrir lançadas a maré baixa (Neves et al., 2019; Silva, 2006; Silva-Júnior et al., 2017). Além disso, são usados petrechos passivos como a camboa que consiste numa rede presa a estacas e que utiliza ciclos de maré para reter o peixe, e as redes de espera que são empregadas no canal de estuários maiores e onde os peixes são emalhados entre os nós. Essas redes têm como espécie alvo muitas espécies migratórias de menor porte como a tainha (*Mugil* spp.) e as carapebas (peixes da família Gerreidae).

































Contudo, a principal preocupação sobre estas artes estuarinas é sua capacidade de capturar juvenis de espécies migratórias de vida longa como Carangidae, Lutjanidae e Centropomidae (Mérigot et al., 2017), que têm menor resiliência e, portanto, são mais vulneráveis à pesca (Quetglas

et al., 2016). A pesca no manguezal, seu habitat de berçário, pode conseqüentemente constituir uma ameaça para estas espécies de elevados níveis tróficos, através de uma sobrepesca de crescimento. Isto pode colocar em perigo os estoques destas espécies e prejudicar o rendimento da pesca costeira e próxima ao talude que visa os adultos. Ademais, o rendimento da pesca estuarina depende da abundância de peixes nos manguezais e, portanto, varia com as condições ambientais que podem ser alteradas por pressões antrópicas (Bhattacharya et al., 2018). É provável que as capturas das frotas estuarinas sejam diretamente impactadas pelo aumento das atividades que degradaram os manguezais nas últimas décadas (Pelage et al., 2019).

### 3.3.2. A pesca na plataforma do Nordeste do Brasil

#### Camarões

Os camarões são considerados os recursos marinhos mais comuns explorados na região Nordeste, apresentando elevado percentual de captura entre 1962-2007 em praticamente todos os estados (Fig. 14.7), possuindo grande importância social e econômica na região. Embora a captura de camarões represente cerca de 9,4% das capturas marinhas totais desta região, esta atividade ocupa um lugar de destaque na economia, devido ao alto valor deste recurso no mercado (US\$ 3.800 a 8.800/ ton.) (IBAMA, 2008; Santos, 2010; FAO, 2018). Estima-se que mais de 100.000 pessoas trabalhem direta ou indiretamente na pesca, beneficiamento e comercialização deste produto na região (Santos, 2010). Graças a frota de arrasto de fundo e pela pesca de muruada, somente os estados do Maranhão e Bahia capturam 74% das aproximadamente 14.000 toneladas/ano desembarcado na região, seguido por Alagoas e Sergipe com 13% (Fig. 14.7).

Tipo de pesca	Habitat	Espécies alvo	
<p><b>Coleta Manual</b></p> 	<p>Manguezal</p> 	<p>Ostra</p>  <p>Marisco</p> 	<p>Siri</p>  <p>Sururu</p> 
<p><b>Redes de Arrasto</b></p> 	<p>Manguezal</p> 	<p>Tainha</p>  <p>Camarão</p> 	<p>Carapeba</p>  <p>Manjuba</p> 
<p><b>Redes de espera</b></p> 	<p>Canal do estuário</p>	<p>Tainha</p>  <p>Bagre</p> 	<p>Carapeba</p>  <p>Camurim</p> 
<p><b>Camboa</b></p> 	<p>Manguezal</p> 	<p>Tainha</p>  <p>Camurim</p> 	<p>Carapeba</p>  <p>Xaréu</p> 
<p><b>Tarrafa</b></p> 	<p>Manguezal</p> 	<p>Tainha</p>  <p>Agulha</p> 	<p>Carapeba</p>  <p>Sardinha</p> 
<p><b>Ratoeira</b></p> 	<p>Manguezal</p> 	<p>Guaiamum</p> 	

**Figura 14.6** Principais modalidades da pesca estuarina no Nordeste do Brasil, seu habitat e suas principais espécies alvo.  
**Foto tarrafa** Diego Delso. **Demais fotos** Acervo BIOIMPACT.

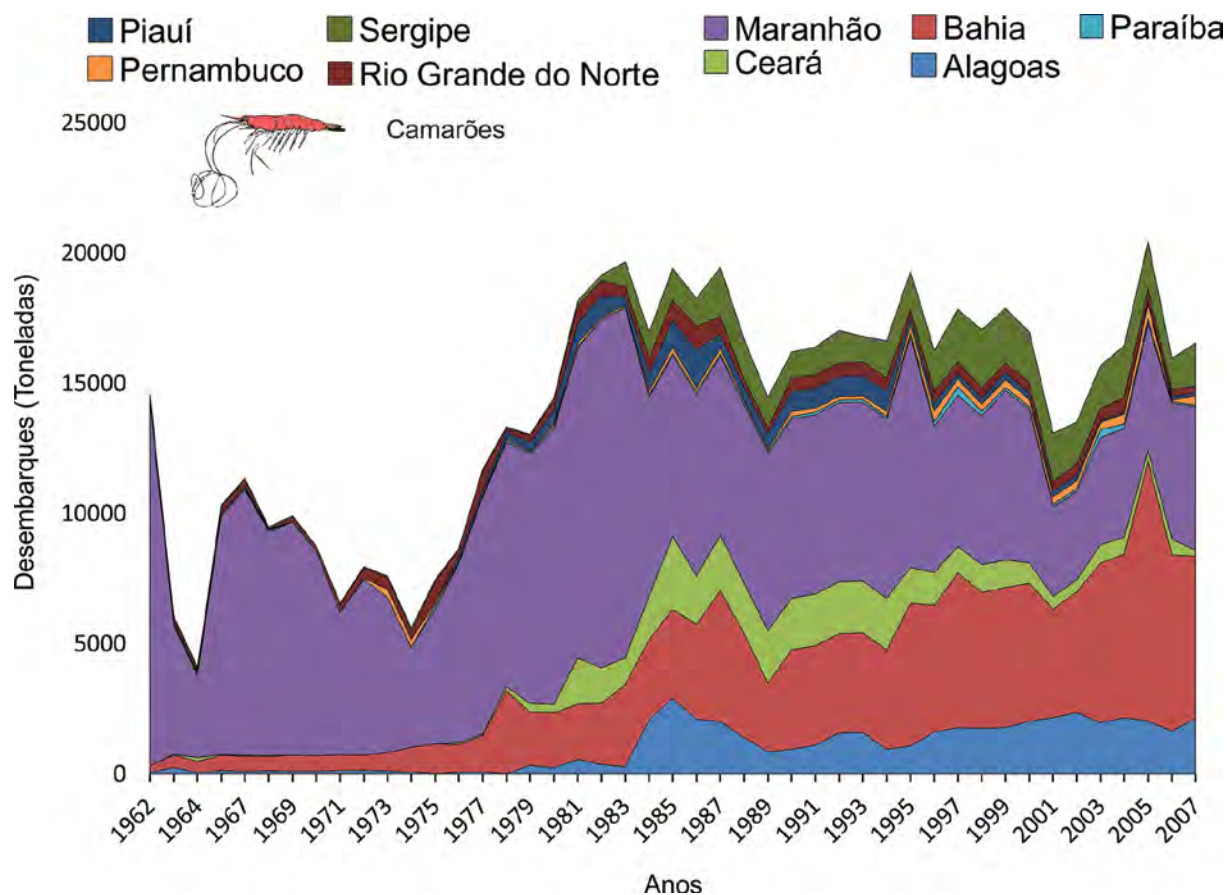


Figura 14.7 Captura total reportada do grupo camarões (em toneladas) no Nordeste do Brasil durante 1962-2007.

O início da pesca motorizada no Nordeste ocorreu em 1969 (Santos, 1997) sendo estimada em cerca de 1.500 embarcações (Dias-Neto, 2011), enquanto a frota não motorizada agrega mais de 20.000 embarcações do tipo jangada e canoa (Santos, 2010). Nesta região, a pesca é majoritariamente artesanal (barcos de 4 a 13 m), com exceção dos estados Sergipe e Alagoas, onde esta atividade também é realizada por embarcações com características semi industriais (barcos de 10 a 15 m) (Dias-Neto, 2011). A frota motorizada emprega a técnica de arrasto duplo ou simples, enquanto a atividade não motorizada emprega técnicas de captura como o arrasto de praia, puçá de arrasto, mangote, tarrafa, redes de espera e armadilhas fixas (zangaria, fuzaca, muruada) (Santos et al., 2006) (Fig. 14.8).

As capturas são realizadas principalmente por redes de arrasto com portas em “águas rasas” com profundidade média em torno de 20 m (Santos, 1997). As principais espécies de camarões capturadas pertencem a família Penaeidae e são conhecidas como camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*; 70% das capturas), branco (*Penaeus schmitti*; 20% das capturas) e rosa (*Penaeus subtilis*, *P. brasiliensis* e *P. isabelae*; 10% das capturas) (Santos, 2010, Tavares & Gusmão, 2016). Segundo critérios de avaliação da IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza) (ICMBio, 2018), os camarões foram classificados como DD- Dados Deficientes (*X. kroyeri*, *P. schmitti*, *P. brasiliensis*), NE – Não Avaliada (*P. isabelae*) e LC – Pouco Preocupante (*P. subtilis*) (ICMBio, 2018).



**Figura 14.8** Pesca de arrasto de fundo e arrastão de praia, modalidades de pesca empregadas para captura dos camarões no Nordeste do Brasil. **Fotos** Acervo BIOIMPACT.

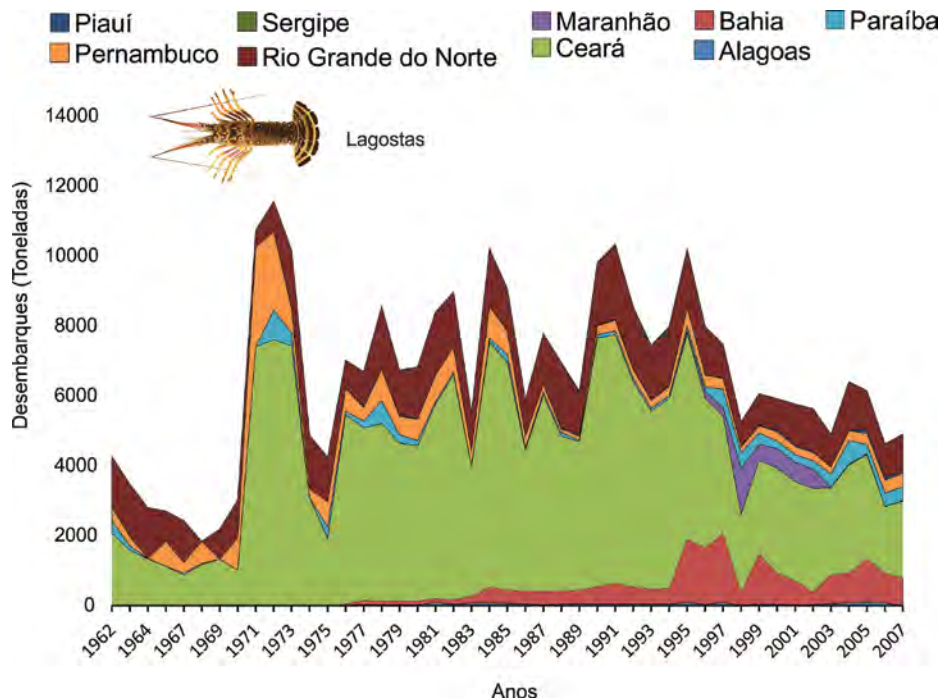
## Lagostas

Composta principalmente pelas espécies *Panulirus meripurpuratus* (lagosta-vermelha) e *Panulirus laeivicauda* (lagosta-verde), o grupo das lagostas capturadas principalmente com covos e redes de emalhar (Lessa et al., 2004; Aragão, 2013) são os recursos pesqueiros mais valiosos do Nordeste Brasileiro, representando 31% das exportações de produtos marinhos totalizando US\$ 82.475.823,00 de receita (MPA, 2010). Embora sejam exploradas ao longo de todo Nordeste, 80% dos desembarques estão associadas aos estados do Ceará e Rio Grande do Norte (Fig. 14.9).

Devido ao seu alto valor de mercado, as lagostas são exploradas intensamente. Em razão disto, é possível observar um decaimento no total de desembarques a partir do início da década de 1990 (Fig. 14.9), o que levou a elaboração de um plano de manejo para exploração deste recurso, com proibições de métodos não sustentáveis, definição de tamanho mínimo de captura, épocas de proteção a parte do estoque (defeso), entre outras ações. A pesca da

lagosta é uma das principais atividades pesqueiras da região Nordeste, gerando milhares de empregos (Fonteles-Filho et al., 1988; MDICT-COMEX STAT, 2018). Com início em 1955, através de embarcações de pequeno porte (botes e jangadas), a atividade se desenvolveu ganhando grande importância na pesca artesanal de pequena e grande escala (Oliveira, 1980; Lessa et al., 2004). Essa pescaria é realizada principalmente na plataforma continental, em fundos de algas calcárias distribuídos em profundidades que variam de 20 a 70 m (Lessa et al., 2004). Além disso, a pesca da lagosta também foi registrada no Atol das Rocas e Arquipélagos de Fernando de Noronha e de São Pedro e São Paulo (Lessa et al., 2004), Unidades de Conservação brasileiras.

As duas principais espécies que compõem a produção de lagosta da região Nordeste são a lagosta-vermelha (*Panulirus meripurpuratus*), representando de 70% a 80%, e a lagosta-verde (*P. laeivicauda*), constituindo até 20% (Oceana,



**Figura 14.9** Captura total reportada do grupo lagostas (em toneladas) no Nordeste do Brasil durante 1962-2007.

2020). O restante da produção é representado pela lagosta-pintada (*P. echinatus*) e por espécies da família Scyllaridae (*Scyllarus* spp.; Oceana, 2020). De acordo com a última avaliação da IUCN, as espécies de lagosta atualmente exploradas não se encontram em categoria de risco de extinção. No entanto, a pesca é considerada predatória e a principal espécie encontra-se sobre pescada (**ex**: lagosta-vermelha; Oceana, 2020, ver secção 4.2).

### Pescadas da família Sciaenidae

As pescadas são exploradas principalmente pelas pescarias de rede de emalhe e linha, em menor proporção (ver item 3.2). Sua nomenclatura extremamente diversificada e de acordo com cada estado (pescada, pescada gó, pescada foguete, pescada amarela, pescada branca) e múltiplos gêneros do ponto de vista taxonômico (*Umbrina canosai*, *Macrodon ancylodon*, *Cynoscion* spp., *Isopisthus parvipinnis* entre outros), fazem com que as informações de desembarques deste grupo sejam bem variáveis e incertas. Embora com carne

muito saborosa, as pescadas, em particular a pescada amarela *Cynoscion acoupa* tem a sua bexiga natatória com alto valor de mercado em comparação a outras partes do corpo do animal (Matos & Lucena, 2006). O destino deste subproduto popularmente chamado de “Grude” é frequentemente o mercado asiático (Mourão et al., 2009). O alto valor de mercado do “Grude” causou uma exploração intensa do recurso que levou a uma queda da captura no início da década de 1980 (Fig. 14.10). Entre 1962 e 2007, os desembarques dos estados do Maranhão (2.187 toneladas/ano), e Bahia (759 toneladas/ano), correspondem a 81% do total desembarcado na região Nordeste (Fig. 14.10).

Dentro do grupo das pescadas, um dos recursos mais consumidos no Nordeste brasileiro, em virtude de sua carne branca e de suas gônadas, frequentemente conhecida como “ova”, a corvina (*Micropogonias furnieri*) representa um importante recurso pesqueiro da região. Esta espécie é explorada principalmente pela pesca de linha e emalhe e no estado do Maranhão, responsável por 82% dos desembarques (Fig. 14.11). A maior parte deste recurso é absorvida pelo mercado interno, principalmente pelos estados do Nordeste.



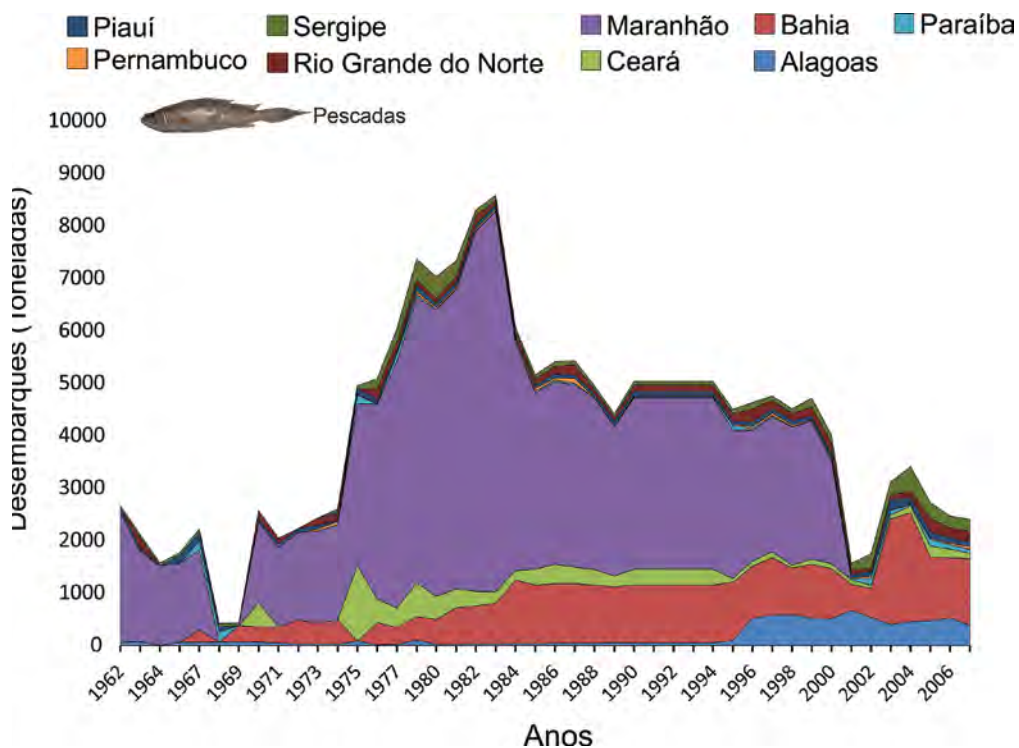


Figura 14.10 Captura total reportada do grupo pescadas (em toneladas) no Nordeste do Brasil durante 1962-2007.

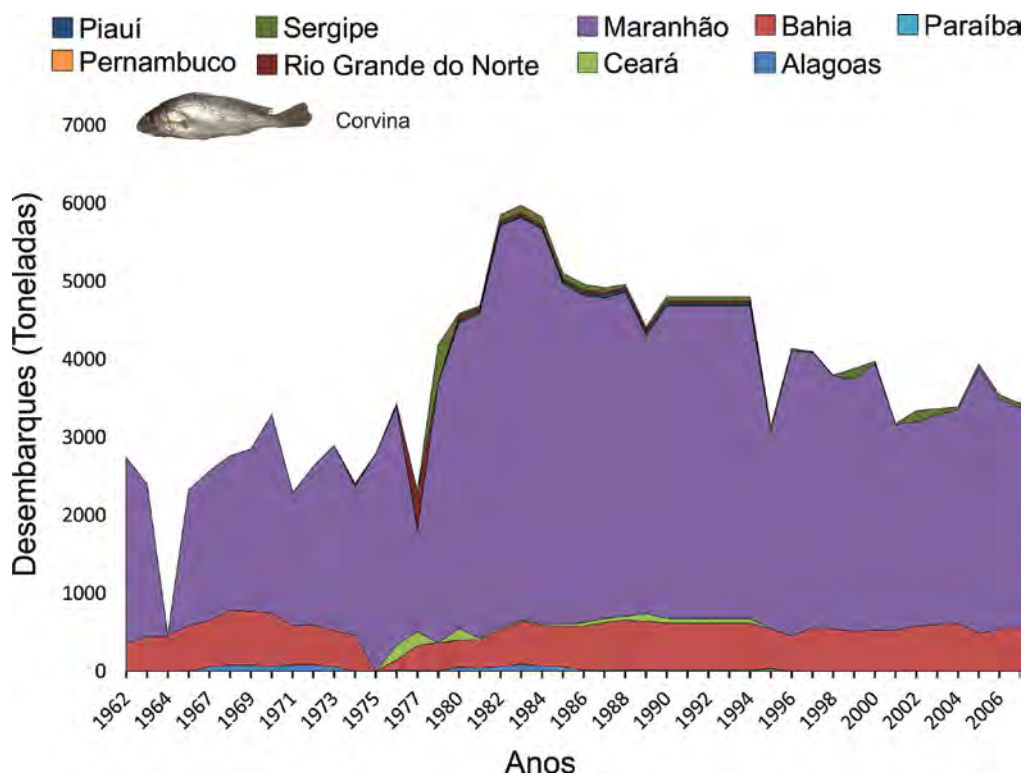
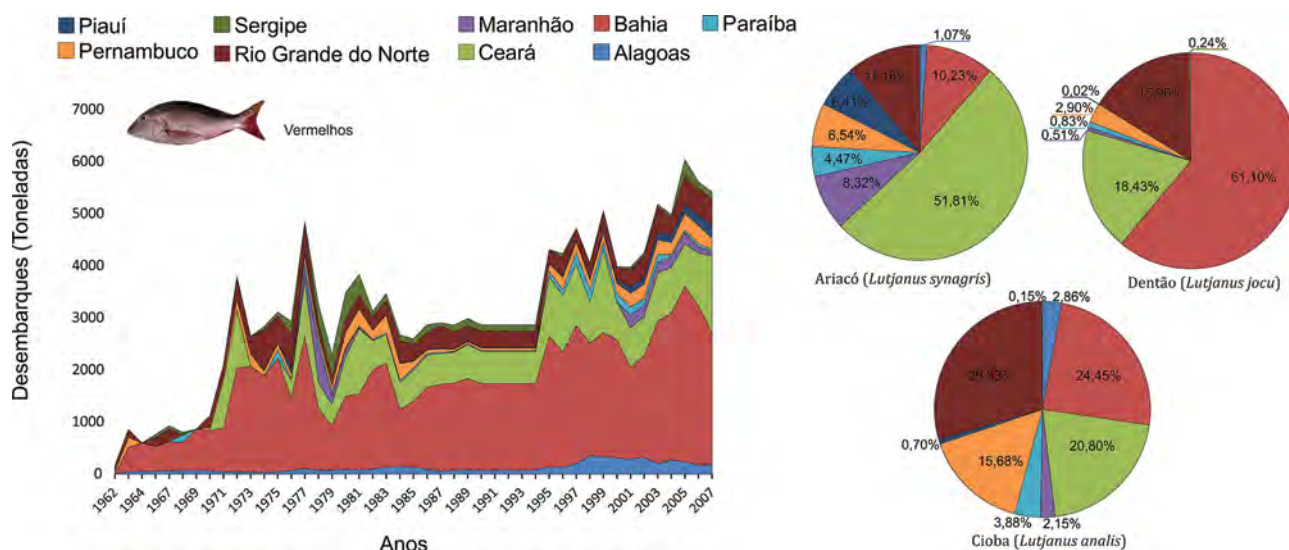


Figura 14.11 Captura total reportada do grupo corvina (em toneladas) no Nordeste do Brasil durante 1962-2007.

## Peixes vermelhos

Formado por múltiplas espécies da família Lutjanidae (*Lutjanus analis* – Cioba, *L. synagris* - ariacó, *L. jocu* – dentão, entre outros) (Fig. 14.12), os vermelhos no Nordeste são explorados por pescarias multiespecíficas (ver item 3.2), com destaque para a pesca com linha (Frédou et al., 2006). Embora o começo da exploração deste recurso seja datado entre os anos 1950 e 1960 (Rezende et al., 2003), segundo os boletins estatísticos oficiais somente no início da década de 1970, com o aumento do esforço pesqueiro, as capturas dos vermelhos cresceram significativamente atingindo uma média histórica entre 1962 e 2007 de 3.130 toneladas/ano (Fig. 14.12). Explorado ao longo dos 9 estados da região Nordeste, de forma geral, a Bahia (BA - 54%), Ceará (CE - 19%), Rio Grande do Norte (RN - 10%) e Pernambuco (PE - 5%) representam 88% da captura dos vermelhos (Fig. 14.12). Por se tratar de

uma agregação de táxons, este cenário pode ser modificado se observarmos as principais espécies do grupo dos vermelhos. Segundo os boletins oficiais, o ariacó (*L. synagris*) tem expressiva captura no estado do CE, com aproximadamente metade dos desembarques, seguido do RN com 11% (Fig. 14.12). A BA representa 61% da captura de dentão (*L. jocu*), enquanto o CE, 18%. A cioba (*L. analis*) por sua vez, tem sua captura distribuída entre 4 estados, RN (29%), BA (24%), CE (20%) e PE (16%) (Fig. 14.12). Por serem associadas a recifes de coral e facilmente capturadas, estas espécies são objeto de inúmeros estudos que avaliam sua história de vida (Aschenbrenner & Ferreira, 2015; Rezende & Ferreira, 2004; Teixeira et al., 2010; Viana et al., 2015), exploração (Frédou et al., 2009; Rezende et al., 2003), comportamento e papel funcional no ecossistema (Aschenbrenner et al., 2016a; Aschenbrenner et al., 2016b), servindo como suporte para o manejo adequado do grupo.



**Figura 14.12** Captura total reportada do grupo dos vermelhos e percentual de desembarque das três principais espécies (*Lutjanus analis* – Cioba, *L. synagris*- ariacó, *L. jocu* – dentão) respectivamente (em toneladas) no Nordeste do Brasil durante 1962-2007.

Outro exemplo de vermelho, o pargo, embora tenha o *L. purpureus* como a espécie mais reportada, este recurso é também formado por um complexo de espécies (*L. vivanus*, *L. bucanella*,

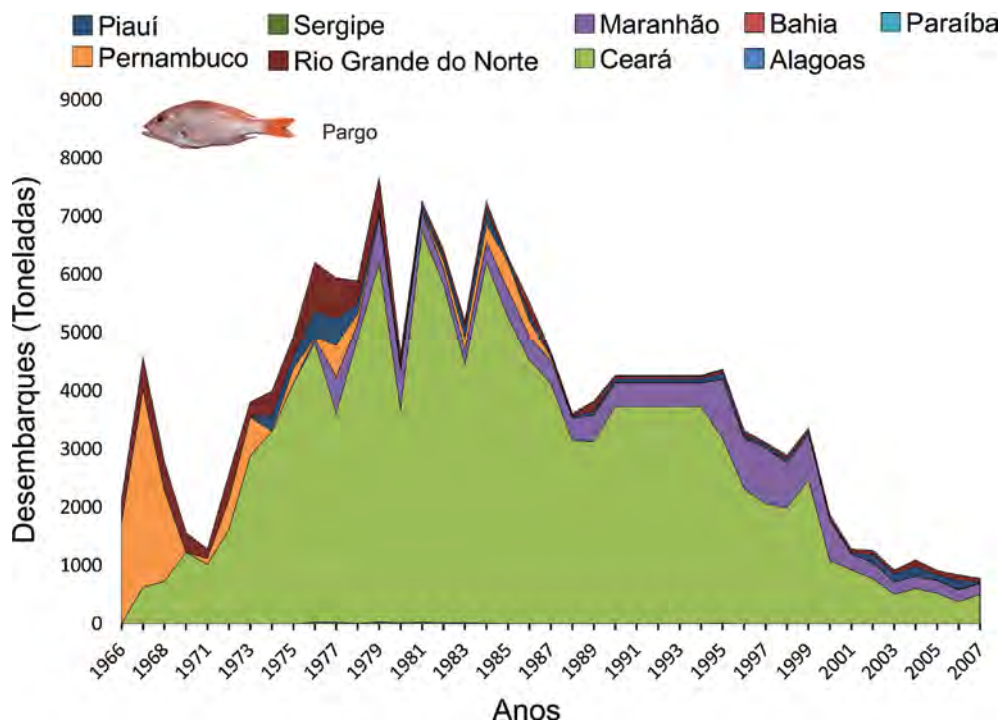
*Etelis oculatus* e *Rhomboplites aurorubens*) com ampla distribuição geográfica e grande importância econômica na região Nordeste do Brasil, alternando em dominância de captura ao longo do tempo. O

pargo, como recurso demersal, é encontrado em áreas de pesca da plataforma continental e em bancos oceânicos (Fonteles-Filho & Ferreira, 1987). Devido à sua importância comercial, principalmente em relação à exportação, o pargo é considerado um recurso à parte ao grupo dos vermelhos na estatística pesqueira. A exploração comercial deste recurso ocorre principalmente com uma pescaria conhecida como “linha pargueira”, que teve início na década de 1960 apresentando grande declínio no início dos anos 1980 (Fig. 14.13). No Nordeste, entre 1966 e 2007, o estado do Ceará correspondeu a 75% dos desembarques, e em conjunto com Maranhão (9%) e Pernambuco (7%) totalizaram 91% das 2.199 toneladas de pargo capturados por ano (Fig. 14.13). Atualmente, a pescaria do pargo *L. purpureus* no Nordeste do Brasil está colapsada considerada comercialmente extinta na região (Rezende et al., 2003) e outras espécies de peixes vermelhos se destacam na pescaria. Em contrapartida, a espécie segue sendo capturada na região Norte do Brasil, com uma frota que foi se deslocando com o esgotamento da espécie.

## 4. A GESTÃO PESQUEIRA NO BRASIL

### 4.1. Histórico da competência institucional da gestão pesqueira no Brasil

Embora a legislação sobre a atividade pesqueira no Brasil tenha seu início no período colonial (Silva, 1972), foi a partir da década de 1960, com a criação da SUDEPE (Superintendência do Desenvolvimento da Pesca), por meio da Lei Delegada nº 10, de 11 de outubro de 1962, que o país estabeleceu uma política com um forte viés desenvolvimentista, particularmente em decorrência do Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, quando a pesca passou a gozar dos mesmos privilégios que tinham os setores estratégicos da indústria, a saber: incentivos e isenções fiscais (Goularti Filho, 2017). Sem acompanhar os limites de sustentabilidade dos recursos, que rapidamente mostraram sinais de exaustão, associada a diminuição dos recursos provedores dos incentivos fiscais, a SUDEPE foi extinta em 1989, pela mesma lei que cria o IBAMA



**Figura 14.13** Captura total reportada para o pargo (*Lutjanus purpureus*) no Nordeste do Brasil durante 1962-2007.

(Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989), posteriormente vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) representando um novo marco na história da gestão pesqueira no Brasil (Dias-Neto, 2012), com uma mudança de

paradigmas onde “o IBAMA não tinha a função de fomentar a pesca, mas sim de normatizar e fiscalizar, por meio de medidas restritivas e punitivas, algo que faltava – e muito – para o setor” (Goularti Filho, 2017) (Fig. 14.14).



### Competência da gestão pesqueira

**Figura 14.14** Histórico dos órgãos responsáveis pela gestão da atividade pesqueira no Brasil.

A tentativa de minimizar o conflito de interesses entre o setor privado pesqueiro e o IBAMA, com interesses de certa forma antagônicos (Goularti Filho, 2017), veio através da publicação da Lei nº 9.649, de 27 de maio de 1998 e dos Decretos nº 2.840 (21 de julho de 1998) e 2.681 (10 de novembro de 1998), que cria o Departamento de Pesca e Aquicultura – DPA, na estrutura do Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária – MAPA, instituindo a divisão das competências sobre gestão do uso dos recursos pesqueiros. Ao DPA, atribuiu-se a incumbência promover o fomento e o desenvolvimento do setor pesqueiro nacional, e a gestão dos recursos subexplorados ou inexplorados, além dos tranzonais e altamente migratórios, e ao IBAMA, coube a gestão dos recursos sobreexplorados (Dias-Neto, 2012), criando claramente um ambiente de conflito de competência entre ministérios.

Através da Lei nº 10.683, em 28 de maio de 2003, foi criada a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP/PR), com *status* de Ministério, mantendo

ainda os conflitos institucionais (IBAMA e DPA/ MAPA), uma vez que a SEAP manteve atribuições similares com o DPA (Dias Neto, 2012). Finalmente, após anos de anseios pela comunidade científica e setor privado, em 26 de junho de 2009, através da Lei nº 11.958, a SEAP foi transformada em Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) e, tendo como missão conciliar o conflito de competência interministerial desde 1998, instituiu-se, através do Decreto nº 6.981 (13/10/2009) a atuação conjunta do MPA e do MMA, nos aspectos relacionados ao uso sustentável dos recursos pesqueiros e Portaria Interministerial nº 2 (13/11/2009) que instituiu o Sistema de Gestão Compartilhada do uso sustentável dos recursos pesqueiro onde “§ 6º – Cabe aos Ministérios da Pesca e Aquicultura e do Meio Ambiente, em conjunto e sob a coordenação do primeiro, nos aspectos relacionados ao uso sustentável dos recursos pesqueiros”, que previa a formação de Comitês Permanentes de Gestão, órgãos colegiados compostos por membros do governo e da sociedade civil (Azevedo & Pierri, 2014).

Em 2016, o MPA foi extinto e a gestão compartilhada alternou entre vários Ministérios (Fig. 14.14), inicialmente entre o MAPA e MMA (Lei nº 13.266, de 5 de abril de 2016), posteriormente entre o MMA/MIC (Ministério da Indústria e Comércio Exterior e Serviços - Medida Provisória nº 782, de 31 de maio de 2017) e finalmente entre SEAP/MMA (Lei nº 13.502, de 1º de novembro de 2017, revogada pela Medida Provisória nº 870, de 1/1/2019, convertida na Lei nº 13.844, de 18/6/2019), na qual extingue a SEAP e retorna as atribuições da pesca e aquicultura ao MAPA, até os dias atuais, sem a gestão compartilhada que chegou ao fim através da Medida Provisória (MP) nº 870 de 2019.

## 4.2. Histórico das avaliações de recursos pesqueiros

### Da década de 1960 ao Programa REVIZEE

Segundo Paiva (1997), Laevastu (1961) e Richardson (1964) foram os primeiros pesquisadores a estimar os primeiros indicadores de áreas e recursos pesqueiros mais promissores de pescado marinho e estuarino no Brasil. Hempel (1971) apontou um valor de potencial de produção nacional de  $1.725 \times 10^3$  t/ano e, particularmente para a região Nordeste do Brasil, Dias-Neto e Mesquita (1988) indicaram, para os recursos pelágicos e demersais respectivamente (até 200 m), um potencial de produção de 100 e  $100-175 \times 10^3$  t/ano. Entretanto, o surgimento de uma avaliação de estoques no país iniciou-se em meados da década de 1970, com a criação dos primeiros Grupos Permanentes de Estudo – GPEs. Dentro deste contexto, as pescarias brasileiras da sardinha (*Sardinella brasiliensis*), da lagosta-vermelha (*Panulirus meripurpuratus*) e do camarão-rosa (*Penaeus subtilis*), que representavam os principais recursos das regiões Sudeste/Sul, Nordeste e Norte, respectivamente, tinham seus estoques avaliados sistematicamente e planos de gestão construídos.

O Programa REVIZEE foi criado pelo governo brasileiro em conformidade com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. As avaliações de estoque dentro do âmbito deste projeto foram publicadas no início dos anos 2000. De acordo com os resultados deste programa, a maioria dos estoques estava plenamente explorada (23%) ou sobre-explorada (33%) (MMA, 2006). Particularmente no Nordeste, 16% estavam em estágio de desenvolvimento, 25% foram considerados sobre-explorados, 16% foram considerados totalmente explorados e os 44% restantes dos recursos não foram avaliados (MMA, 2006). As principais informações disponíveis estão resumidas na tabela 14.6. Os peixes vermelhos (*Lutjanus* spp.) se encontravam no limite máximo ou sobre-explorados. O saramunete *Pseudupeneus maculatus*, a xira *Haemulon aurolineatum*, os carangídeos *Carangoides bartholomaei* e *Caranx crysos* estavam, nessa época, subexplorados (MMA, 2006). Os estoques de lagostas eram considerados em sobrepesca e com tendência decrescente nos desembarques desde a década de 1990, e os desembarques de garoupas mostravam uma tendência decrescente ao longo do tempo, com espécies longevas sendo sobrepesçadas, resultando na captura de garoupas menores e mais jovens (Vasconcelos et al., 2011). Nesta época, não havia avaliações da situação do (s) estoque (s) de caranguejos de mangue. No entanto, a diminuição dos desembarques de caranguejos de mangue na maioria dos estados do Nordeste foi entendida como um sinal de sobrepesca (Vasconcelos et al., 2011).

**Tabela 14.6** Estado do estoque das principais espécies no Nordeste do Brasil segundo avaliação do projeto REVIZEE. **Adaptado** de MMA (2006).

Espécie	Status do estoque	Espécie	Status do estoque
Espécies recifais		Espécies pelágicas	
<i>Lutjanus analis</i>	Sobre-explorado	<i>Hirundichthys affinis</i>	Sobre-explorado
<i>Lutjanus chrysurus</i>	Sobre-explorado	<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	Limite máximo
<i>Lutjanus jocu</i>	Limite máximo	<i>Scomberomorus cavalla</i>	Próximo ao limite máximo
<i>Lutjanus synagris</i>	Sobre-explorado	<i>Hemiramphus brasiliensis</i>	Abaixo do limite máximo
<i>Lutjanus vivanus</i>	Próximo ao limite máximo	<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	Sobre-explorado
<i>Lutjanus purpureus</i>	Sobre-explorado	<i>Opisthonema oglinum</i>	Próximo ao limite máximo
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	Abaixo do limite máximo		
<i>Haemulon aurolineatum</i>	Sub-explorado		
<i>Haemulon plumierii</i>	Não avaliado		
<i>Seriola dumerili</i>	Não avaliado		
<i>Caranx latus</i>	Não avaliado		
<i>Carangoides bartholomaei</i>	Sub-explorado		
<i>Caranx crysos</i>	Sub-explorado		
<i>Mycteroperca bonaci</i>	Não avaliado		
<i>Rhizoprionodon porosus</i>	Não avaliado		

### Avaliação dos recursos pesqueiros – Da década de 2000 até os dias atuais

Após o Programa REVIZEE, os estoques não mais foram reavaliados por iniciativa nacional. No entanto, iniciativas específicas foram desenvolvidas para avaliar a sustentabilidade de alguns recursos pesqueiros. Por exemplo, foi avaliada a situação dos estoques de Penaeidae explorados em Pernambuco. Os resultados indicaram que os estoques do camarão branco *Penaeus schmitti* e do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* estão relativamente próximos do limite máximo de exploração (Lopes et al., 2014; Silva et al., 2018). Como resultado de consultorias realizadas por especialistas para a Oceana Brasil, foi avaliado o estado da população da lagosta-vermelha (*Panulirus meripurpuratus*) pescada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, apontando para uma situação de excesso de captura, com níveis de mortalidade por pesca elevados e biomassa reduzida, sendo sugerida a revisão da seletividade aplicada pela pescaria,

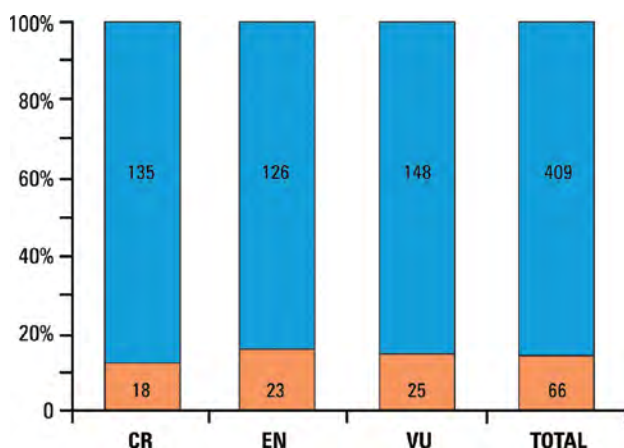
e a redução dos níveis de captura para valores não superiores as 3,5 mil toneladas, para evitar o colapso populacional (Oceana, 2020).

Mais recentemente, um estudo de Verba et al. (2020) aponta a exploração pesqueira e mudanças climáticas como as principais ameaças às comunidades marinhas, ao testar estes fatores para 132 espécies de peixes brasileiros. As espécies foram categorizadas como colapsadas, sobre-exploradas, plenamente exploradas ou em desenvolvimento. As espécies “colapsadas” foram atribuídas a uma combinação complexa de um impacto negativo das temperaturas mais altas, exploração pesqueira e parâmetros de história de vida. Por exemplo, entre as espécies com distribuição no Nordeste do Brasil, observou-se que *Pogonias cromis*, *Polyprion americanus* e *Selene vomer* foram menos capturadas sob condições de altas temperaturas ou salinidade, mostrando uma relação predominantemente negativa com estas variáveis (Verba et al., 2020).

## Outras formas de “avaliar” as pescarias, estoques e espécies

### Avaliação de espécies quanto ao risco de extinção

Os recursos aquáticos brasileiros também foram avaliados de acordo com as categorias da Lista Vermelha da IUCN em nível regional. Essas categorias compreendem 10 níveis: Extinto (EX), Regionalmente Extinto (RE), Extinto na Natureza (EW), Criticamente Ameaçado (CR), Ameaçado (EN), Vulnerável (VU), Quase Ameaçado (NT), Menos Preocupante (LC), Dados Deficientes (DD) e não avaliados (NE). A lista vermelha, publicada em 2014 (Portaria 445), enumerou 475 espécies aquáticas como ameaçadas (Fig. 14.15). Elasmobrânquios marinhos representaram 56,1% de todos os peixes ameaçados de extinção no Brasil e 82,4% das espécies classificadas como Criticamente Ameaçadas.



**Figura 14.15** Número de peixes e invertebrados aquáticos dentro das três categorias consideradas como em risco de extinção: (CR) Criticamente em perigo; (EN) em perigo; (VU) vulnerável (MMA 445/2014). **Azul** peixes. **Laranja** invertebrados aquáticos.

**Fonte** Pinheiro et al. (2015).

Posteriormente, a Portaria MMA 73 (26 de março de 2018) altera a portaria 445, permitindo o manejo sustentável das espécies nas categorias de risco, desde que:

“ I - Seja reconhecida a possibilidade de uso da espécie, através de ato do Ministério do Meio Ambiente; e

II - o manejo seja regulamentado por norma específica de ordenamento, nos termos § 2º, art. 12, da Lei nº 13.502, de 1º de novembro de 2017.” Adicionalmente, “o reconhecimento da possibilidade de uso de cada espécie dependerá de avaliação específica, conduzida pelo MMA, em articulação com o Instituto Chico Mendes e com o IBAMA, podendo realizar consulta a especialistas para esta finalidade.” Sendo assim, foram publicadas portarias, com regras específicas de manejo para cada espécie que atendam às medidas propostas nos Planos de Recuperação Nacional das Espécies em questão, que cabe ao MMA, ao ICMBio e ao IBAMA, avaliar a sua implementação. No caso do Nordeste do Brasil, três espécies/grupo de espécies merecem destaques quanto aos desdobramentos desta portaria.

O guaiamum (*Cardisoma guanhumi*) é um caranguejo endêmico dos estuários brasileiros, de crescimento lento, ocupando áreas restritas, habitando áreas de baixa qualidade ambiental ou que foram suprimidas pelo homem. É espécie alvo da pesca artesanal e foi classificada como Criticamente Ameaçada, que impacta diretamente em algumas comunidades tradicionais do Nordeste brasileiro, onde sua extração é mais frequente (Pinheiro et al., 2015). Esta espécie já era contemplada com medidas de ordenamento desde a década de 2000 e, em decorrência dos desdobramentos da portaria 445, a Portaria MMA nº 129, de 27 de abril de 2018 reconhece o Plano de Recuperação do guaiamum ([https://www.mma.gov.br/images/Plano\\_de\\_Recuperacao\\_do\\_guaiamum.pdf](https://www.mma.gov.br/images/Plano_de_Recuperacao_do_guaiamum.pdf)). Neste plano, com ações ainda não implementadas, constam duas etapas propostas: Etapa 1: medidas de ordenamento emergenciais, e Etapa 2: medidas de ordenamento e gestão de médio prazo, mediante a discussão e detalhamento da proposta de Plano.

O pargo *Lutjanus purpureus*, classificado como Vulnerável, foi um importante recurso pesqueiro na costa Nordeste do Brasil nas décadas de 1960 a 1980, até o colapso da pesca naquela região. Durante a avaliação efetuada dentro do âmbito do Programa REVIZEE, esta espécie já era considerada como sobrexplotada (MMA, 2006). Atualmente está em vigência várias medidas de regulamentação e um plano de recuperação, também ainda não implementado (Plano\_de\_Recuperacao\_do\_pargo.pdf- reconhecido pela Portaria MMA nº 129, de 27 de abril de 2018).

As espécies da família Scaridae- *Scarus trispinosus* (EN), *S. zelindae* (VU), *Sparisoma frondosum* (VU) e *S. axillare* (VU)- dentro da atual lista vermelha brasileira, também são recursos importantes no Nordeste do Brasil. O Plano de Recuperação dos Budiões *S. zelindae*, *S. frondosum* e *S. axillare*, reconhecido pela Portaria MMA nº 129, de 27 de abril de 2018, prevê várias ações, ainda não implementadas, relacionadas com o cadastro de embarcações, tamanho mínimo, restrição da captura pela pesca artesanal, dentre outras. A primeira espécie, o budião azul, *Scarus trispinosus*, dada às peculiaridades da mesma quanto à biologia e pesca, tem, através da Portaria Interministerial nº 59-B, de 9 de novembro de 2018, regras específicas de uso.

### Indicadores de sustentabilidade

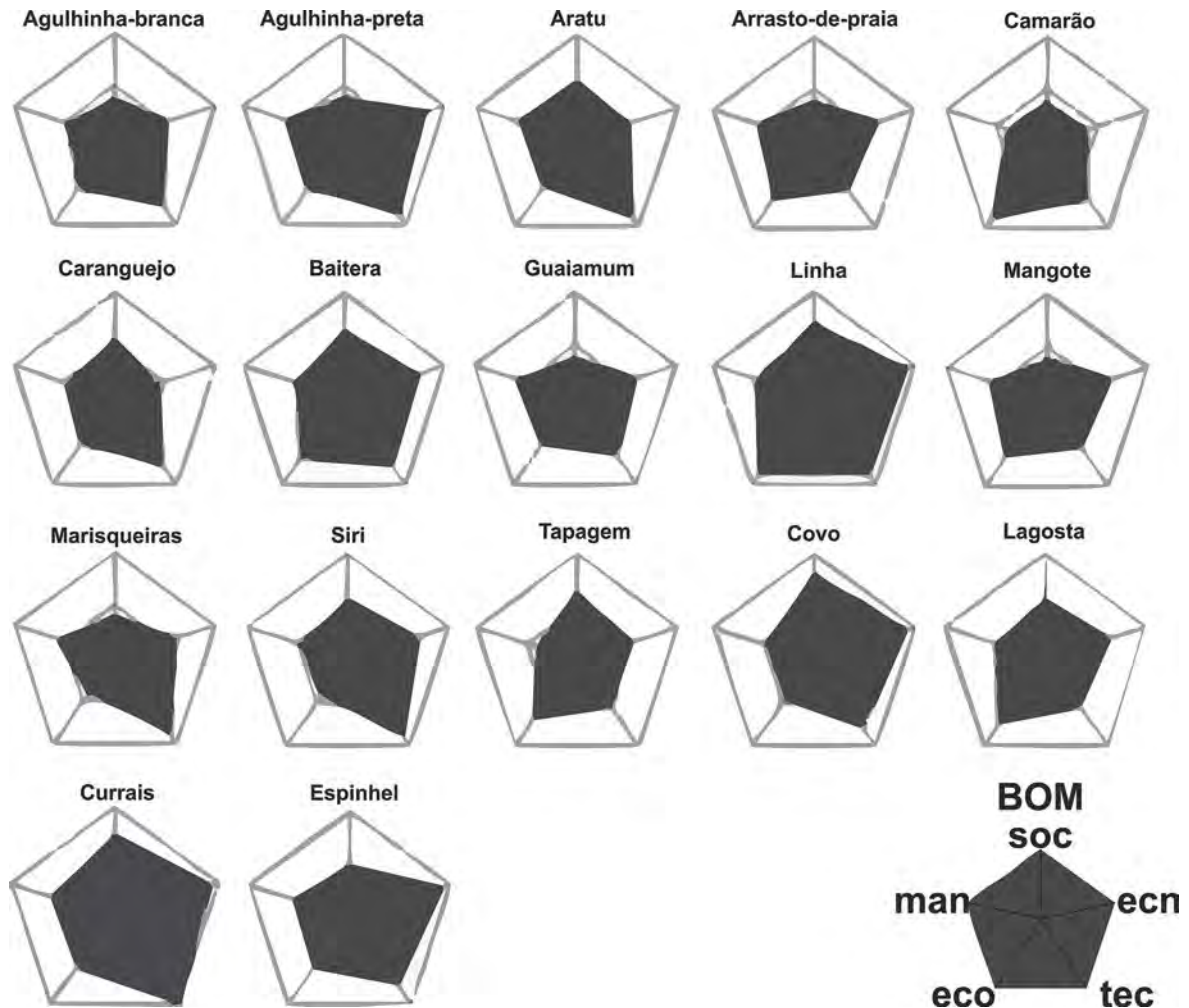
O programa brasileiro “Institutos do Milênio”, operacionalizado por meio do projeto Uso e Apropriação dos Recursos Costeiros– (RECOS), foi estruturado em rede interinstitucional, com o objetivo de gerar conhecimento da pesca em uma perspectiva mais ampla, envolvendo os aspectos econômicos, sociais, ecológicos, tecnológicos da gestão da pesca, a fim de fornecer subsídios aos tomadores de decisão nos estados do Pará, Maranhão, Pernambuco, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Considerando o Nordeste do Brasil, particularmente em Pernambuco, Lessa et al. (2009) identificaram 17 sistemas de pesca que incluíam redes de emalhar,

armadilhas e redes de cerco voltadas para peixes e crustáceos, bem como mexilhões coletados manualmente. Seguindo o método RAPFISH (*Rapid Appraisal for Fisheries*) (Pitcher et al., 1998), o sistema camaroneiro é o menos sustentável, dado seu impacto ecológico principalmente e os sistemas mais sustentáveis foram atribuídos ao curral, seguido pelo sistema de linhas (Lessa et al., 2009), que em sua maioria se aproxima do sistema de referência ou ideal (Fig. 14.16).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A situação atual da pesca no Brasil, incluindo a região Nordeste, requer atenção e ações efetivas. De fato, há um contínuo agravamento dos problemas que afetam a produção da pesca artesanal devido ao esgotamento dos recursos pesqueiros e destruição de habitats, ocasionados principalmente pela ineficácia das estratégias governamentais na superação dos obstáculos que impedem o desenvolvimento sustentável da pesca artesanal ao longo da costa brasileira. Historicamente, a fraca governança, a erosão dos sistemas tradicionais de uso de recursos, os regimes de livre acesso, a pobreza, a falta de empregos alternativos e o fácil acesso a estoques com baixos custos de investimento e operação, promoveram a pesca excessiva e acentuaram as mudanças induzidas pelo clima (Gasalla et al., 2017; Bertrand et al., 2018). A falta geral de informações sobre as pescarias no Brasil, mais especificamente da pesca artesanal no Nordeste, é um problema recorrente que ajuda a perpetuar o *status* de desconhecimento dos estoques que podem já estar em níveis avançados de esgotamento. É imprescindível que o governo promova não apenas projetos pontuais, mas programas contínuos de coleta e análise de dados de forma sistemática, englobando informações técnicas, socioeconômicas e ecológicas, garantindo a aplicação do Enfoque Ecosistêmico da Pesca, paradigma atual da gestão pesqueira.





**Figura 14.16** Valores percentuais médios de indicadores de sustentabilidade de cada campo de avaliação para sistemas de pesca, estado de Pernambuco, representados em diagramas de pipas. "BOM" sistema de referência ou ideal, com 100% em todos os campos de avaliação (SOC) social, (ECO) ecológico, (TEC) tecnológico, (ECN) econômico, (MAN) manejo. **Fonte** Lessa et al. (2009).

Estas informações devem considerar que as pescarias da região Nordeste são caracterizadas por diversas frotas que exploram vários habitats ao longo de um gradiente estuário-plataforma (FAO, 2011). Como muitas das espécies alvo se movem ao longo deste gradiente durante o seu ciclo de vida, e são relevantes para a pesca nas suas diferentes ontogenias (Frédou et al., 2009), há uma necessidade de um manejo integrado destas frotas coexistentes explorando o mesmo

recurso, destacando a necessidade de uma gestão espacialmente integrada. Além disso, o rendimento dessas pescarias requer o bom funcionamento destes ecossistemas conectados. No caso do Nordeste, a remoção de manguezais, a poluição industrial e doméstica por plásticos e poluentes químicos e, recentemente, o derramamento de petróleo modificaram os ecossistemas costeiros (Pelage et al., 2019; Araújo et al., 2020).

A exploração humana do mar aumentou rapidamente nas últimas décadas. Os desafios econômicos e sociais envolvidos na exploração de petróleo, pesca, mineração de fundos marinhos, segurança alimentar, etc., são altos. Diante destes desafios, a elaboração de um Planejamento Espacial Marinho (PEM) se torna imprescindível para conciliar usos humanos e conservação, e oferecer um cenário atraente para combinar diferentes usos dos recursos marinhos em uma única área (Craig, 2012; Koehn et al., 2013; Ehler, 2014). O PEM é frequentemente definido como "uma forma prática de criar e estabelecer um uso mais racional do espaço marinho e das interações entre seus usos para equilibrar as demandas de desenvolvimento com a necessidade de proteger o meio ambiente, e de produzir resultados sociais e econômicos de forma aberta e planejada" (Ehler & Douvère, 2009). A pesca em si não é o único problema, o manejo restrito aos impactos da atividade não pode ser a única solução. Deste modo, o fato da pesca artesanal ocorrer em habitats degradados pode também representar uma grande ameaça à sustentabilidade dos estoques e a compreensão dos diversos impactos antrópicos que afetam a pesca devem ser também prioridade frente às políticas públicas na área de pesca e ambiental (Pelage et al., 2019). As questões em jogo aqui são tanto biológicas quanto sociais.

## REFERÊNCIAS

- ALLISON, E. H.; KURIEN, J.; OTA, Y.; ADHURI, D. S.; BAVINCK, J. M.; CISNEROS-MONTEMAYOR, A.; FABINYI, M.; JENTOFT, S.; LAU, S.; MALLORY, T. G. **The Human Relationship with Our Ocean Planet**. 2020.
- ARAGÃO, J. A. N. **Pesca de lagostas no Brasil: monitorar para ordenar. CEPENE**. Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste. Boletim Técnico-Científico, v. 19, n. 1, p. 103-106, 2013.
- ARAÚJO, M. E.; RAMALHO, C. W. N.; MELO, P. W. de. **Artisanal fishers, consumers and the environment: immediate consequences of the oil spill in Pernambuco, Northeast Brazil**. Cadernos de Saúde Pública, v. 36, p. e00230319, 2020. doi.org/10.1590/0102-311X00230319.
- ARCHAMBAULT, B.; RIVOT, E.; SAVINA, M.; LE PAPE, O. **Using a spatially structured life cycle model to assess the influence of multiple stressors on an exploited coastal-nursery-dependent population**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 201, p. 95–104, 2018. doi.org/10.1016/j.ecss.2015.12.009
- ASCHENBRENNER, A.; FERREIRA, B. P. **Age, growth and mortality of *Lutjanus alexandrei* in estuarine and coastal waters of the tropical south-western Atlantic**. Journal of Applied Ichthyology, v. 31, n. 1, p. 57–64, 2015. doi.org/10.1111/jai.12633
- ASCHENBRENNER, A.; FERREIRA, B. P.; ROOKER, J. R. **Spatial and temporal variability in the otolith chemistry of the Brazilian snapper *Lutjanus alexandrei* from estuarine and coastal environments**. Journal of fish biology, v. 89, n. 1, p. 753–769, 2016a. doi.org/10.1111/jfb.13003
- ASCHENBRENNER, A.; HACKRADT, C. W.; FERREIRA, B. P. **Spatial variation in density and size structure indicate habitat selection throughout life stages of two Southwestern Atlantic snappers**. Marine Environmental Research, v. 113, p. 49–55, 2016b. doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.10.013
- AZEVEDO, N. T.; PIERRI, N. **A política pesqueira no Brasil (2003-2011): a escolha pelo crescimento produtivo e o lugar da pesca artesanal**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 32, 2014. http://dx.doi.org/10.5380/dma.v32i0.35547
- BARROS, A. R.; HAZIN, F. H. V.; CORREIA, S.; PEDROSA, B.; RAPOSO, I.; FILIZZOLA, M. **Análise econômica da pesca marítima de Pernambuco**. Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco – FADE/UFPE. Recife – PE. 261p. 2001.
- BERTRAND, A.; VÖGLER, R.; DEFEO, O. **Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Southwest Atlantic and Southeast Pacific marine fisheries1**. Impacts of climate change on fisheries and aquaculture, p. 325, 2019.

BHATTACHARYA, M.; KAR, A.; CHINI, D. S.; MALICK, R. C.; PATRA, B. C.; DAS, B. K. **Multi-cluster analysis of crabs and ichthyofaunal diversity in relation to habitat distribution at tropical mangrove ecosystem of the Indian Sundarbans.** *Regional Studies in Marine Science*, v. 24, p. 203–211, 2018. doi.org/10.1016/j.rsma.2018.08.009

BRASIL (1962). **Lei Federal Nº 10, de 11 de outubro de 1962 (revogada).** Cria a SUDEPE (Superintendência do Desenvolvimento da Pesca) e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/ldl/ldl10.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/ldl/ldl10.htm) de 1962, Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL (1967). **Decreto-Lei Federal Nº 221, de 28 de fevereiro de 1967.** Dispõe sobre a proteção e estímulos à pesca e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del0221compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0221compilado.htm), Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL (1989). **Lei Federal Nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989.** Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e dá outras providências. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/549611/publicacao/15813280>, Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL (1998). **Decreto Federal Nº 2.681, de 21 de julho de 1998 (revogado).** Aprova a estrutura regimental e o quadro demonstrativo dos cargos em comissão e funções gratificadas do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D2681.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2681.htm), Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL (1998). **Decreto Federal Nº 2.840, de 10 de novembro de 1998. (revogado).** Estabelece normas para operação de embarcações pesqueiras nas águas sob jurisdição brasileira e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d2840.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2840.htm), Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL (1998). **Lei Federal Nº 9.649, de 27 de maio de 1998.** Dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9649compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9649compilado.htm), Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL (2003). **Lei Federal Nº 10.683, de 28 de maio de 2003 (revogado).** Dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/l10.683.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.683.htm), Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL (2009). **Decreto Federal Nº 6.981, de 13 de outubro de 2009.** Regulamenta o art. 27, § 6º, inciso I, da Lei no 10.683, de 2003, dispondo sobre a atuação conjunta dos Ministérios da Pesca e Aquicultura e do Meio Ambiente nos aspectos relacionados ao uso sustentável dos recursos pesqueiros.

Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/411417/publicacao/15751280>. Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL (2009). **Lei Federal nº 11.958, de 26 de junho de 2009.** Altera as Leis nos 7.853, de 24 de outubro de 1989, e 10.683, de 28 de maio de 2003 ... e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l11958.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11958.htm), Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL (2009). **Lei Federal nº 11.959, de 29 de junho de 2009.** Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras ... e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l11959.htm#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional,1967%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11959.htm#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional,1967%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs). Acesso em: novembro de 2020.

BRASIL (2016). **Lei Federal Nº Lei nº 13.266, de 5 de abril de 2016.** Extingue e transforma cargos públicos; altera a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e a Lei nº 11.457, de 16 de março de 2007; e revoga dispositivos da Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2016/lei-13266-5-abril-2016-782842-norma-pl.html>, Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL (2017). **Lei Federal Nº 13.502, de 1º de novembro de 2017.** Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/l13502.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/l13502.htm), Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL (2017). **Medida Provisória Nº 782, de 31 de maio de 2017.** Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/Mpv/mpv782.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/Mpv/mpv782.htm), Acesso em: novembro de 2020.

BRASIL (2019). **Lei Federal nº 13.844, de 18 de junho de 2019.** Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/lei/L13844.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13844.htm), Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL (2019). **Medida Provisória Nº 870, de 1º de janeiro de 2019.** Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/57510830](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/57510830), Acesso em: outubro de 2020.

BRASIL / MMA (2018). **Portaria Interministerial nº 59-b, de 9 de novembro de 2018.** Define regras para o uso sustentável e recuperação dos estoques da espécie *Scarus trispinosus* (budião-azul). Disponível em: [https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/50539608/](https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/50539608/)

do1e-2018-11-16-portaria-interministerial-n-59-b-de-9-de-novembro-de-2018-50539540, Acesso em: outubro de 2020.

CARRASQUILLA-HENAO, M.; JUANES, F. **Mangroves enhance local fisheries catches: a global meta-analysis**. *Fish and Fisheries*, v. 18, n. 1, p. 79–93, 2017. doi.org/10.1111/faf.12168

CIDREIRA-NETO, I.R.G.; RODRIGUES, G.G. **Relação homem-natureza e os limites para o desenvolvimento sustentável**. Recife, v.6, n.2, p.142-156, 2017.

CRAIG, R. K. **Ocean governance for the 21st century: making marine zoning climate change adaptable**. *Harvard Environmental Law Review*, v. 36, p. 305, 2012.

DA SILVA, E. L. P. **A mulher & lama uma imbricação contemporânea: perspectiva de gênero e trabalho no estuário do rio paraíba, brasil**. 2009.

DIAS, T. L. P.; ROSA, R. de S.; DAMASCENO, L. C. P. **Aspectos socioeconômicos, percepção ambiental e perspectivas das mulheres marisqueiras da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (Rio Grande do Norte, Brasil)**. *Gaia Scientia*, v. 1, n. 1, p. 25-35, 2007.

DIAS-NETO, J. C. **Quanto custa ser pescador artesanal? Etnografia, relato e comparação entre dois povoados pesqueiros no Brasil e em Portugal**. 337. Tese. de doutorado. Universidade Federal Fluminense, Instituto de Ciências Humanas e Filosofia, Programa de Pós-Graduação em Antropologia, Niterói. 2012.

DIAS-NETO, J.; MESQUITA, J. X. **Potencialidade e exploração dos recursos pesqueiros do Brasil**. *Ciência e Cultura*, v. 40, n. 5, p. 427-441, 1988.

DIAS-NETO, J.C. **Proposta de plano nacional de gestão para o uso sustentável de camarões marinhos do Brasil**. *Série Plano de Gestão Recursos Pesqueiros*, v. 3, 2011.

DIEGUES, A. C. **A sócio-antropologia das comunidades de pescadores marítimos no Brasil**. *Etnográfica*, v. 3, n. 2, p. 361–375, 1999.

DIEGUES, A. C. **Artisanal fisheries in Brazil**. 2006. Disponível em: www.icsf.net.

EHLER, C.; DOUVERE F. **Marine spatial planning: A step-by-step approach toward ecosystem-based management**. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides, No. 53, IOCAM Dossier 6, Paris, UNESCO, 2009.

EHLER, C.N. **A guide of evaluating marine spatial plans**. IOC-UNESCO, Paris. IOC Manuals and guides 70. ICAM Dossier 8, 2014.

ESTATPESCA. **Monitoramento da atividade pesqueira no litoral nordestino— Projeto ESTATPESCA**. Tamandaré, 2006.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean**. Rome: FAO 2011.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018— Meeting the sustainable development goals**. FAO, 2018.

FONTELES-FILHO, A. A.; XIMENES, M. O. C.; MONTEIRO, P. H. M. **Sinopse de informações sobre as lagostas *Panulirus argus* (Latreille) e *Panulirus laevicauda* (Latreille)(Crustacea: Palinuridae), no Nordeste do Brasil**. *Ciên. Mar*. 27: 1-19,1988.

FONTELES-FILHO, A.; FERREIRA, F. **Distribuição geográfica das capturas do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, e sua relação com fatores oceanográficos nas regiões Norte e Nordeste do Brasil**. *Arquivos de Ciência do Mar*, v. 45, p. 1-123, 1987.

FRÉDOU, T.; FERREIRA, B. P.; LETOURNEUR, Y. **A univariate and multivariate study of reef fisheries off northeastern Brazil**. *ICES Journal of Marine Science*, v. 63, n. 5, p. 883-896, 2006.

FRÉDOU, T.; FERREIRA, B. P.; LETOURNEUR, Y. **Assessing the stocks of the primary snappers caught in Northeastern Brazilian Reef Systems. 2-A multi-fleet age-structured approach**. *Fisheries Research*, v. 99, n. 2, p. 97-105, 2009. doi.org/10.1016/j.fishres.2009.05.008

FREIRE, K.M.F.; ARAGÃO, J.A.N.; ARAÚJO, A.R.R.; ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; BISPO, M.C.S.; VELASCO, G.; CARNEIRO, M.H.; GONÇALVES, F.D.S.; KEUNECKE, K.A.; MENDONÇA, J.T.; MORO, P.S. ; F.S. MOTTA, F.S.; OLAVO, G.; PEZZUTO, P.R.; SANTANA, R.F.; SANTOS, R.A.; TRINDADESANTOS, I.; VASCONCELOS, J.A.; VIANNA, M.; DIVOVICH E. **Reconstruction of catch statistics for Brazilian marine waters (1950-2010)**. *Fisheries Centre Research Reports*, v. 23, n. 4, p. 48, 2015.

GASALLA, M. A.; ABDALLAH, P. R.; LEMOS, D. **Potential impacts of climate change in Brazilian marine fisheries and aquaculture**. *Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: A Global Analysis*, v. 1, p. 455–477, 2017.

GIRALDES, B. W.; SMYTH, D. M. **Recognizing *Panulirus meripurpuratus* sp. nov. (Decapoda: Palinuridae) in Brazil – Systematic and biogeographic overview of *Panulirus* species in the Atlantic Ocean**. *Zootaxa*, v. 4107, n. 3, p. 353 – 366, 2016. doi.org/10.11646/zootaxa.4107.3.4

GOMES, J. de O. L.; DE MELO, A. S.; DE FARIA LOPES, S.; DA SILVA MOURÃO, J. **Techniques for catching the shellfish *Anomalocardia flexuosa* in a tropical estuary in northeast Brazil**. *Human Ecology*, v. 47, n. 6, p. 931-939, 2019. doi.org/10.1007/s10745-019-00119-2

GOULARTI FILHO, A. **Da Sudepe à criação da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca: as políticas públicas voltadas às atividades pesqueiras no Brasil**. *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 49, 2017.

- HEMPEL, G., 1971. In: GULLAND, J. A. **The fish resources of the ocean**. West Byfleet, Surrey. Fishing News (Books), Ltd., for FAO, v. 255, 1971. <https://doi.org/10.1002/iroh.19740590251>
- IBAMA (2006) **Instrução Normativa nº- 138, de 6 de dezembro de 2006**. Proíbe, nas águas jurisdicionais brasileiras, a captura, o desembarque, a conservação, o beneficiamento, o transporte, a industrialização, a comercialização e a exportação sob qualquer forma, e em qualquer local de lagostas das espécies *Panulirus argus* (lagosta vermelha) e *Panulirus laeviscauda* (lagosta cabo verde), de comprimentos inferiores aos estabelecidos nesta Instrução Normativa. Acesso em: Novembro de 2020.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste do Brasil - 2007**. Tamandaré. IBAMA, 157, 2008.
- IBAMA, 1991. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil**. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste- CEPENE. Tamandaré-PE. 138 p.
- IBAMA, 1992. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil**. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste- CEPENE. Tamandaré-PE. 132 p.
- IBAMA, 1993. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil**. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste- CEPENE. Tamandaré-PE. 137 p.
- IBAMA, 1994. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil**. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste- CEPENE. Tamandaré-PE. 140 p.
- IBAMA, 1995. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil**. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste- CEPENE. Tamandaré-PE. 134 p.
- IBAMA, 1996. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil**. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste- CEPENE. Tamandaré-PE. 139 p.
- IBAMA, 1997. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil**. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste- CEPENE. Tamandaré-PE. 133 p.
- IBAMA, 1998. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil**. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste- CEPENE. Tamandaré-PE. 142 p.
- IBAMA, 1999. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil**. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste- CEPENE. Tamandaré-PE. 136 p.
- IBAMA, 2000. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil**. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste- CEPENE. Tamandaré-PE. 138 p.
- IBAMA, 2001. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil**. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste- CEPENE. Tamandaré-PE. 135 p.
- IBAMA, 2002. **Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil**. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste- CEPENE. Tamandaré-PE. 136 p.
- ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume I - 1**. ed. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 492. 2018.
- KOEHN, J. Z.; REINEMAN, D. R.; KITTINGER, J. N. **Progress and promise in spatial human dimensions research for ecosystem-based ocean planning**. *Marine Policy*, 42, 31-38, 2013. doi. [org/10.1016/j.marpol.2013.01.015](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.01.015)
- LAEVASTU, T. **Natural bases of fisheries in the Atlantic Ocean: their past and present characteristics and possibilities for future expansion**. 1961.
- LESSA, R. P.; DE NÓBREGA, M. F.; BEZERRA JÚNIOR, J. L. **Dinâmica das frotas pesqueiras da região Nordeste do Brasil**. Análise das principais pescarias. Programa de Avaliação Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva do Brasil (REVIZEE), Recife, 2004. 158 p.
- LESSA, R.; NÓBREGA, M. F. DE; BEZERRA JÚNIOR, J. L. **Dinâmica de populações e avaliação dos estoques dos recursos pesqueiros da região Nordeste**. 2009. 304 p.
- LOPES, D. F. C.; SILVA, E. F. B. da; PEIXOTO S. R. M.; LUCENA-FRÉDOU, F. **Population biology of seabob-shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) captured on the south coast of Pernambuco State, northeastern Brazil**. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 62, n. 4, p. 331-340, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-87592014079706204>
- MANSON, F. J.; LONERAGAN, N. R.; SKILLETER, G. A.; PHINN, S. R. **An evaluation of the evidence for linkages between mangroves and fisheries: a synthesis of the literature and identification of research directions**. *Oceanography and marine biology*, v. 43, p. 483, 2005.
- MARQUES, S.; FERREIRA, B. P. **Composição e características da pesca de armadilhas no litoral Norte de Pernambuco—Brasil**. *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, v. 18, n. 1, p. 49-60, 2010.
- MATOS, I. P. DE; LUCENA, F. **Descrição da pesca da pescada-amarela, *Cynoscion acoupa*, da costa do Pará**. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 39, n. 1-2, p. 66-73, 2006.
- MDICT-ALICEWEB. **Sistema de análise das informações de comércio exterior via internet do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**. Disponível em: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>.2018.

MÉRIGOT, B.; FRÉDOU, F. L.; VIANA, A. P.; FERREIRA, B. P.; JUNIOR, E. do N. C.; DA SILVA JÚNIOR, C. B.; FRÉDOU, T. **Fish assemblages in tropical estuaries of northeast Brazil: A multi-component diversity approach.** *Ocean & coastal management*, v. 143, p. 175-183, 2017. doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.08.004

MMA (2018). **Portaria nº 129, de 27 de abril de 2018.** Reconhece como passível de exploração, estudo ou pesquisa as espécies *Scarus trispinosus* (budião-azul), *Scarus zelindae* (budião-palhaço, peixe-papagaio-banana), *Sparisoma axillare* (budião-ferrugem, peixe-papagaio-cinza) e *Sparisoma frondosum* (budião-batata, peixe-papagaio-cinza), e estabelece as respectivas condições. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/12382672/do1-2018-04-30-portaria-n-129-de-27-de-abril-de-2018-12382668](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/12382672/do1-2018-04-30-portaria-n-129-de-27-de-abril-de-2018-12382668). Acesso em: outubro de 2020.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). (2014). **Portaria Nº 445, de 17 de dezembro de 2014.** Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2014/p\\_mma\\_445\\_2014\\_lista\\_peixes\\_amea%C3%A7ados\\_extin%C3%A7%C3%A3o.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2014/p_mma_445_2014_lista_peixes_amea%C3%A7ados_extin%C3%A7%C3%A3o.pdf) Acesso em: outubro de 2020.

MMA 2018. **Portaria Nº 73, de 26 de março de 2018.** Altera a Portaria nº 445. Disponível em: <http://www.cpnacional.org.br/sites/default/files/legislacao/Portaria%20MMA%2073%20de%2026%20de%20Mar%C3%A7o%20de%202018.pdf>, Acesso em: outubro de 2020.

MMA. **Programa REVIZEE - Relatório Executivo. 1ed.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1, 121-152. 2006.

MPA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura (2010).** Brasília/DF.

MPA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura (2011).** Brasília/DF. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est\\_2011\\_bol\\_bra.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2011_bol_bra.pdf) [http://www.mma.gov.br/estruturas/253/publicacao/253\\_publicacao02022012041757.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/253/publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf).

MPA/MMA (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA /MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE) 2009. **Portaria interministerial MPA/MMA Nº 2, de 13 de novembro de 2009.** Regulamenta o sistema de gestão compartilhada nº 6.981, de 13 de outubro de 2009. Disponível em: <http://mds.gov.br/acesso-a-informacao/legislacao/portaria/portaria-interministerial-no-2-de-16-de-setembro-de-2009>, Acesso em: outubro de 2020.

NANJO, K.; KOHNO, H.; NAKAMURA, Y.; HORINOUCI, M.; SANO, M. **Effects of mangrove structure on fish distribution patterns and predation risks.** *Journal of experimental marine biology and ecology*, v. 461, p. 216-225, 2014. doi.org/10.1016/j.jembe.2014.08.014

NEVES, E. J.; FALCON, D. R.; SIEBER, S. S.; DOS SANTOS, J. C. P.; NUNES, D. M. **A arte de tecer tarrafas de pesca na**

**região semiárida de pernambuco-brasil.** *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 12, n. 1, p. 37-49, 2019. doi.org/10.18817/repesca.v12i1.1842

NÓBREGA, M. F.; LESSA, R. P. **Descrição e composição das capturas da frota pesqueira artesanal da região Nordeste do Brasil.** *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 40, n. 2, p. 64-74, 2007. doi.org/10.32360/acmar.v40i2.6114

OCEANA. **Avaliação de estoque da lagosta-vermelha (*Panulirus argus*).** Oceana Brasil, Brasília. 2020. 28 p.

OLIVEIRA, G. M. **La pesquería de langosta en el Nordeste do Brasil.** Memórias Del Grupo de Trabajo sobre la langosta. WECAF/FAO Report, n. 36, p. 79-113p, 1980.

OLIVEIRA, V. S.; ANDRADE, H. A.; HAZIN, F. H. V.; VIEIRA, A. C. **Pesca da lagosta com covos na costa central de pernambuco: taxas de captura da lagosta e fauna acompanhante.** *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, 41(2): 373-385, 2015

PAIVA, M. P. **Recursos Pesqueiros Estuarinos e Marinheiros do Brasil.** Fortaleza: Editora Universidade Federal do Ceara, 1997.

PELAGE, L.; DOMALAIN, G.; LIRA, A. S.; TRAVASSOS, P.; FRÉDOU, T. **Coastal land use in Northeast Brazil: mangrove coverage evolution over three decades.** *Tropical Conservation Science*, v. 12, p. 1- 15, 2019. doi.org/10.1177/1940082918822411

PINHEIRO, M.; ALVES, C.; BOOS, H.; DI DARIO, F.; LUCENA-FRÉDOU, F.; LESSA, R.; MINCARONE, M.; POLAZ, C.; REIS, R.; ROCHA, L.; SANTOS, R.; SANTOS, S.; VIANNA, M.; VIEIRA, F. **Conservar a fauna aquática para garantir a produção pesqueira.** *Ciência e Cultura*, 1, 56. 2015. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602015000300017>

PINHEIRO, M.; BOOS, H. **Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil.** CEP, v. 44380, 2016.

QUETGLAS, A.; RUEDA, L.; ALVAREZ-BERASTEGUI, D.; GUIJARRO, B.; MASSUTÍ, E. **Contrasting Responses to Harvesting and Environmental Drivers of Fast and Slow Life History Species.** *PLoS ONE*, v. 11, n. 2, 9 fev. 2016. DOI 10.1371/journal.pone.0148770. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4747561/>. Acesso em: 20 abr. 2020.


PITCHER, T. J.; BUNDY, A.; PREIKSHOT, D.; HUTTON, T.; PAULY, D. **Measuring the unmeasurable: a multivariate and interdisciplinary method for rapid appraisal of the health of fisheries.** In: *Reinventing fisheries management*. Springer, Dordrecht, 1998. p. 31-54. doi.org/10.1007/978-94-011-4433-9\_3

RAMOS, J. A. A.; BARLETTA, M.; DANTAS, D. V.; COSTA, M. F. **Seasonal and spatial ontogenetic movements of Gerreidae in a Brazilian tropical estuarine ecotone and its application for nursery habitat conservation.** *Journal of fish biology*, v. 89, n. 1, p. 696-712, 2016. doi.org/10.1111/jfb.12872

- REIS-FILHO, J. A.; HARVEY, E. S.; GIARRIZZO, T. **Impacts of small-scale fisheries on mangrove fish assemblages**. ICES Journal of Marine Science, v. 76, n. 1, p. 153-164, 2019. doi.org/10.1093/icesjms/fsy110
- REIS-FILHO, J. A.; LEDUC, A. O. **Mysterious and elaborated: the reproductive behavior of the rhomboid mojarra, *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829), in Brazilian mangrove habitats**. Helgoland Marine Research, v. 72, n. 1, p. 7, 2018. doi.org/10.1186/s10152-018-0511-9
- REZENDE, S. D. M.; FERREIRA, B. P. **Age, growth and mortality of dog snapper *Lutjanus jocu* (Bloch & Schneider, 1801) in the northeast coast of Brazil**. Brazilian Journal of Oceanography, v. 52, n. 2, p. 107-121, 2004. doi.org/10.1590/S1679-87592004000200003
- REZENDE, S. M.; FERREIRA, B. P.; FRÉDOU, T. **A pesca de lutjanídeos no Nordeste do Brasil: histórico das pescarias, características das espécies e relevância para o manejo**. Bol. Técn. Cient. CEPENE, v. 11, n. 1, p. 257-270, 2003.
- RICHARDSON, Ian Dennis. **Estimación de los recursos marinos frente a la costa atlántica de América del Sur**. Talleres gráficos del SHN, 1964.
- SANTOS, A.C.L.; BITTENCOURT, C.F.; ARAÚJO-FILHO, R.J.P.; OLIVEIRA, P.G.V. **Caracterização da pesca e perfil socioeconômico do pescador que atua sobre as pontes do recife, PE**. Bol. Inst. Pesca. 2014.
- SANTOS, M. C. F. **O camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 232. 1997.
- SANTOS, M. C. F. **Ordenamento da pesca de camarões no Nordeste do Brasil**. Boletim Técnico Científico CEPENE, v. 18, n. 1, p. 91-98, 2010.
- SANTOS, M. D. C. F.; PEREIRA, J. A.; IVO, C. T. C.; SOUZA, R. F. **Crescimento do camarão branco *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) no Nordeste do Brasil**. Bol. Tecn. Cient. Cepene, v. 14, p. 59-70, 2006.
- SILVA, E. F., CALAZANS, N., NOLÉ, L., SOARES, R., FRÉDOU, F., PEIXOTO, S. **Population dynamics of the white shrimp *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936) on the southern coast of Pernambuco, north-eastern Brazil**. Marine Biological Association of the United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 99, n. 2, p. 429-435, 2018. https://doi.org/10.1080/07924259.2019.1575923
- SILVA, J. B. da. **Territorialidade da pesca no estuário de Itapessoca-Pe: técnicas, petrechos, espécies e impactos ambientais**. 2006. Master's Thesis – Universidade Federal de Pernambuco, 2006.
- SILVA, L. G. S.; DIEGUES, A. C. S. **Caiçaras jangadeiros: cultura marítima e modernização no Brasil**. CEMAR, Centro de Culturas Marítimas, 1993.
- SILVA, P. C. M. **O problema da pesca no Brasil. Estudos do mar brasileiro, p. 7-44, 1972**.
- SILVA-JÚNIOR, C. A. B.; MÉRIGOT, B.; LUCENA-FRÉDOU, F.; FERREIRA, B. P.; COXEY, M. S.; REZENDE, S. M.; FRÉDOU, T. **Functional diversity of fish in tropical estuaries: A traits-based approach of communities in Pernambuco, Brazil**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, ECSA 55 Unbounded boundaries and shifting baselines: estuaries and coastal seas in a rapidly changing world. v. 198, p. 413-420, 5 nov. 2017. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.08.030.
- TAVARES, C.; GUSMAÕ, J. **Description of a new Penaeidae (Decapoda: Dendrobranchiata) species, *Farfantepenaeus isabelae* sp. nov.** Zootaxa, v. 4171, n. 3, p. 505-516, 2016. http://doi.org/10.11646/zootaxa.4171.3.6
- TEIXEIRA, S. F.; DUARTE, Y. F.; FERREIRA, B. P. **Reproduction of the fish *Lutjanus analis* (mutton snapper; Perciformes: Lutjanidae) from Northeastern Brazil**. Revista de Biologia Tropical, v. 58, n. 3, p. 791-800, 2010.
- VASCONCELOS, M.; DIEGUES, A. C.; KALIKOSKI, D. C. **Coastal fisheries of Brazil**. Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean. FAO. v. 544, 2011.
- VERBA, J. T., PENNINO, M. G., COLL, M., LOPES, P. F. **Assessing drivers of tropical and subtropical marine fish collapses of Brazilian Exclusive Economic Zone**. Science of The Total Environment, v. 702, p. 134940, 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134940
- VIANA, D. F.; HAZIN, F.; OLIVEIRA, P. G. **Reproductive biology of lane snapper, *Lutjanus synagris* (Perciformes: Lutjanidae), off northern Pernambuco state, Brazil**. Arquivos de Ciências do Mar, v. 48, n. 2, p. 67-73, 2015.

# O CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL E A GESTÃO COMPARTILHADA NO MANEJO DE RECURSOS PESQUEIROS

15



Edilma Fernandes da SILVA<sup>1</sup>  
Alexandre SCHIAVETTI<sup>2</sup>  
Jorge Eduardo LINS OLIVEIRA<sup>3</sup>

**1** Universidade Federal do Maranhão - UFMA

**2** Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC

**3** Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN





## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente as políticas públicas ambientais incidentes sobre a zona costeira do Nordeste do Brasil não têm conseguido proporcionar a imprescindível harmonização entre o desenvolvimento socioeconômico e a conservação do patrimônio natural e cultural dessa importante porção do território nacional, principalmente no que diz respeito às comunidades pesqueiras litorâneas. As dificuldades encontradas estão relacionadas com a posição ainda periférica da questão socioambiental nos programas governamentais, a alta suscetibilidade às flutuações políticas, a carência de linhas de financiamento para pesquisas integradas interdisciplinares, e ao baixo nível de interação entre as instituições de gestão, de pesquisas científicas e tecnológicas, e comunidades pesqueiras. Neste capítulo, o Conhecimento Ecológico Local (CEL) das comunidades pesqueiras e a gestão compartilhada dos recursos explorados, são abordados como ferramentas para a gestão sustentável, com ênfase na pesca de pequena escala. Conceitos e fundamentos, problemáticas atuais e processos de gestão compartilhada dos recursos naturais, são tratados num contexto global e regional. O objetivo é apresentar a importância dos conhecimentos ecológicos e biológicos das comunidades pesqueiras litorâneas, inserindo-os nos processos de gestão, tendo como base a sustentabilidade ambiental.

## 2. PANORAMA HISTÓRICO

As populações humanas que vivem em contato direto com o ambiente natural dependem economicamente dos recursos naturais, e as formas como são utilizados podem fornecer informações importantes para o delineamento de propostas de conservação que visem à sustentabilidade. Neste sentido, podemos considerar que a conservação da biodiversidade envolve aspectos econômicos, biológicos, sociais e culturais. Assim, é preciso entender as populações humanas como parte do ecossistema, associando usos nativos de recursos naturais com a conservação da biodiversidade (Silva et al., 2010; Begossi et al., 2011;).

Dentre os recursos naturais encontram-se os recursos pesqueiros obtidos a partir de processo tipicamente extrativo e utilizado como importante fonte de proteína animal. Nas últimas décadas, a importância da pesca como atividade econômica cresceu consideravelmente em função da demanda mundial por alimentos, chegando a destacar-se como principal atividade em algumas comunidades, regiões e países (Kalikoski et al., 2009; Garcia Junior et. al., 2015; Vidal & Ximenes, 2019).

Através de sua atividade, os pescadores artesanais exploram o ambiente aquático de forma peculiar e mantém grande diversidade de interações com o ambiente e saberes sobre a ecologia dos recursos pesqueiros (Fig. 15.1).



**Figura 15.1** Pescadores artesanais do litoral do Rio Grande do Norte. **Foto** acervo Edilma Fernandes da Silva.

Como citado por Moura & Diegues (2009), Marques (2010) e Silva et al. (2013), estes saberes são transmitidos oralmente e na prática, de geração em geração. Além disso, pescadores artesanais percebem impactos referentes à sobrepesca, que podem passar despercebidos pelas autoridades e estudiosos (Johannes et al., 2000). É fato que a pesca de pequena escala é uma atividade de menor impacto ao ambiente, já que utilizam pequenas

embarcações motorizadas e/ou veleiras de pouca autonomia, se comparada à pesca industrial, que envolve uma significativa estrutura logística e embarcações de grande porte (Silvano & Valbo-Jorgensen, 2008; Silva & Lins Oliveira, 2013;) (Fig. 15.2). Os artefatos de captura são rudimentares, a exemplo das armadilhas de pesca (covos), pargueiras de superfície e fundo, redes de emalhar, tresmalhos e rede de arrasto (Figs. 15.3 e 15.4).

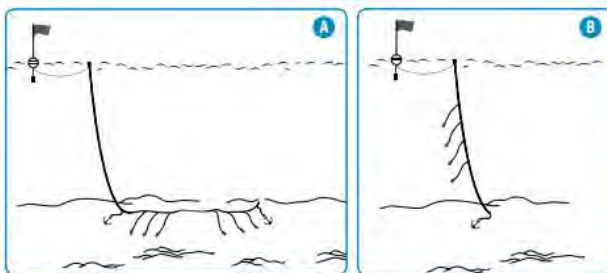
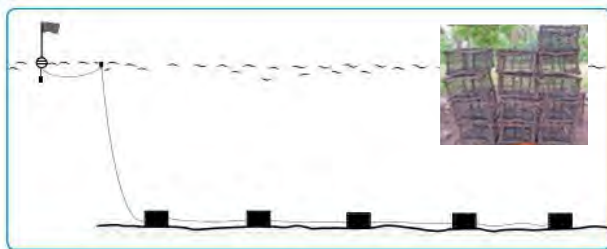
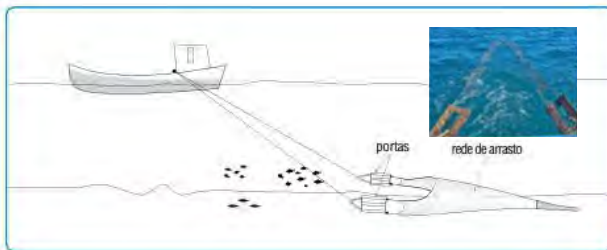


**Figura 15.2** Embarcações (veleiras e motorizadas) utilizadas na pesca de pequena escala do litoral Nordeste do Brasil. **Fotos** acervo Jorge Lins.

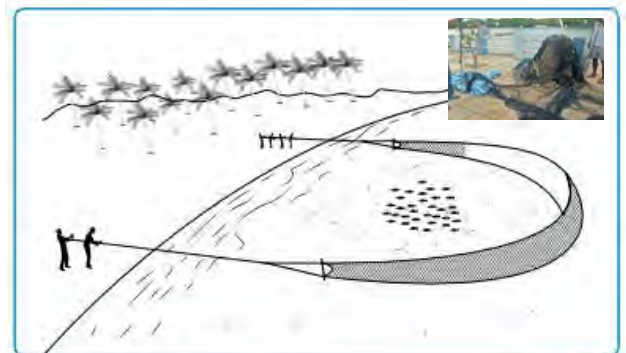
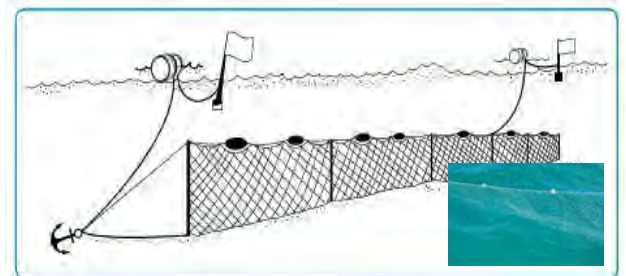
Neste sentido, o manejo correto do espaço e dos recursos naturais e o respeito pelo conhecimento tradicional, permitiriam a manutenção da qualidade do meio ambiente, assim como a conservação dos etno-recursos e dos recursos cognitivos, para usufruto tanto das gerações presentes, quanto futuras (Sachs, 1995; Leff, 2007).

Uma das abordagens científicas para estudar a relação da sociedade com a natureza é a etnobiologia, uma ciência interdisciplinar derivada da antropologia cognitiva e de áreas das ciências biológicas, onde historicamente tem destaque a zoologia, a ecologia, a sociologia e a antropologia social.

O estudo etnobiológico investiga, analisa e sistematiza os ricos e diversificados conhecimentos das populações tradicionais dentro do sistema de crenças e mitos, podendo apresentar resultados de pesquisa que aperfeiçoem a pesca de pequena escala, principalmente no Nordeste do Brasil onde os peixes compõem um grupo animal de grande diversidade biológica e importante recurso alimentar. Além disso, os estudos etnobiológicos possibilitam a incorporação de critérios de etnomanejo na determinação das políticas públicas do território marinho. (Albuquerque, 2006; Alves et al., 2010; Silva et al., 2010; Marques, 2010;).



< **Figura 15.3** Artefatos de captura (redes de arrasto, espinheis - A, pargueiras- B, e linhas de mão), utilizadas por pescadores artesanais do litoral Nordeste do Brasil. **Adaptado** de Nobrega et al. (2015).



^ **Figura 15.4** Redes de emalhar e de tresmalhos, utilizadas por pescadores artesanais do litoral Nordeste do Brasil. **Adaptado** de Nobrega et al. (2015).

Todavia, em razão da condição de sobrepesca em que se encontram os principais recursos pesqueiros e os precários meios de vida dos pescadores, houve uma mudança na forma como se faz a gestão do uso desses recursos, ao reconhecer a importância da participação e do envolvimento dos pescadores na tomada de decisão conjunta (Cinner & Aswani, 2007; Silva et al., 2014). Essa abordagem pode ser definida como gestão compartilhada, que é caracterizada por uma parceria na qual o governo, a comunidade de usuários locais dos recursos (comunidades pesqueiras), os agentes externos (organizações não governamentais, academias e instituições de pesquisa) e outros atores relacionados com a pesca (proprietários de embarcações, comerciantes de peixes, estabelecimentos turísticos, dentre outros), compartilham a responsabilidade e a autoridade por tomar decisões sobre a gestão de uma pescaria (Berkes et al., 2006; Berkes, 2007; Silva et al., 2014)

Os problemas ambientais são complexos, motivados pela dinâmica inter-relacionada dos avanços tecnológicos, econômicos e sociais, superpostos ao quadro natural, e devem ser conduzidos a uma necessária rapidez quanto à organização e atualização de soluções para esses problemas. Seguindo esse parâmetro, muitos conhecimentos tradicionais têm sido usados para a elaboração de hipóteses testáveis, nas pesquisas ecológicas (Marques, 2010; Lima et al., 2017; Soares et al., 2018).

Devido ao progresso tecnológico ocorrido nos últimos anos, o livre acesso aos recursos pesqueiros e as formas de manejo vão sendo alterados, pois, com o uso constante destes recursos, começam a surgir grupos organizados com o objetivo de deter o poder de exploração sobre determinado recurso pesqueiro. Com o surgimento da propriedade privada e das instituições normatizadoras estatais, o controle e a posse dos recursos naturais se tornaram cada vez mais limitados, chegando à necessidade de se impor barreiras, limites físicos e subjetivos, de se territorializar para manter o controle sobre o espaço e assim prevenir o

esgotamento de determinado recurso (Haesbaert, 2006; Lima et al., 2017; Soares et al., 2018). O meio ambiente, neste momento, se territorializa, e os bens naturais, que antes eram coletivos ou comunitários, se tornam cada vez mais bens individuais (Vaz-dos-Santos et al., 2007).

Com essa configuração de posse e/ou poder sobre o território e os bens nele contidos, os países passaram então a criar formas de prevenir e restringir o uso indiscriminado dos recursos naturais que consideravam bens nacionais, assim como impedir o livre acesso a seus recursos, designando instituições de fiscalização e monitoramento dos mesmos e atribuindo aos infratores sanções e outras formas de penalidades (Vaz-dos-Santos et al., 2007; Brasil, 2011; Silva et al., 2014). Neste cenário, se fez necessário a criação de órgãos de gestão, direcionados ao controle e fiscalização da exploração desses recursos.

Neste contexto, as colônias de pesca surgiram de uma necessidade de proteger o território nacional de invasões estrangeiras na segunda metade do século XIX, sendo que a fundação das primeiras colônias de pesca se deu em 1919, criadas a partir da excursão de pesquisa pelo litoral brasileiro do cruzador "José Bonifácio", conduzida pelo Comandante Frederico Villar (Campos, 1993).

A partir da implantação das Colônias de Pesca a nível nacional (Fig. 15.5) e de suas representações legais enquanto categoria social, percebe-se um reconhecimento do Estado e da sociedade, em relação a importância da atividade pesqueira para o provimento do mercado consumidor interno. Campos (1993) e Maneschy (1993) citam que o primeiro regulamento das Colônias de Pescadores do Brasil, datado de 1923, tinha como objetivo a união dos pescadores, a criação das escolas de pesca, e a fiscalização da pesca ilegal, com o objetivo de proteção da zona costeira nacional. Os associados das Colônias de Pescadores, por se tratarem de associações estratégicas, eram constituídos somente por brasileiros natos ou naturalizados.



**Figura 15.5.** Colonia de Pesca no litoral norte do Rio Grande do Norte. **Foto** acervo de Edilma Fernandes da Silva.

Durante a década de 1930, com a instituição do Estado Novo, as colônias de pescadores passaram por mudanças tanto em sua constituição, como no órgão governamental responsável por sua fiscalização e monitoramento. Atualmente são regulamentadas pela Lei 11.699, de 13 de junho de 2008, que dispõe sobre as Colônias, Federações e Confederação Nacional dos Pescadores, cabendo as mesmas a defesa dos direitos e interesses da categoria.

Em 1933 foi criada a Divisão de Caça e Pesca cujo objetivo principal era gerenciar as atividades pesqueiras no Brasil. Segundo Moraes (2002), nesse período os pescadores deixaram de estar subordinados ao Ministério da Marinha e passaram a ser de responsabilidade do Ministério da Agricultura, que elaborou o primeiro Código de Pesca, subordinando os pescadores à Divisão de Caça e Pesca, agregada àquele ministério. Esse momento marca o começo de um período caracterizado pela modernização tecnológica, já marcado pelo direcionamento da regulação

pública para o processo cumulativo de capital, com melhorias na capacitação de mão-de-obra, através da implantação da Escola de Pesca de Tamandaré, localizada na cidade de Tamandaré-PE.

Posteriormente em 1961, foi criado o Conselho de Desenvolvimento da Pesca (CODEPE), órgão de caráter normativo que buscava dar uma orientação única à política de desenvolvimento para a atividade pesqueira em todo o território brasileiro. Um ano depois da criação do CODEPE, surge a Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE), instituída em 1962, autarquia que centralizou todas as funções políticas e econômicas da Divisão de Caça e Pesca.

Em 22 de fevereiro de 1989, a Lei 7.735 cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, e que recebe da extinta SUDEPE, a gestão da pesca e da aquicultura. Naquele momento o IBAMA, se tornou o órgão com a finalidade de coordenar, planejar e fazer executar a

política nacional de meio ambiente e da preservação, conservação e uso racional, fiscalização e controle dos recursos naturais renováveis, tendo dentre estes, os recursos pesqueiros (Torres et al., 1996).

Em 2003, foi criada a Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca- SEAP, ligada a Presidência da República. Esta Secretaria tinha o *status* de Ministério e atribuições para formular a política de fomento e desenvolvimento para a aquicultura e pesca no Brasil, permanecendo a gestão compartilhada do uso dos recursos pesqueiros com o Ministério do Meio Ambiente. Em 2009 a SEAP foi extinta e foi criado o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), tendo como responsabilidade a implantação da política nacional pesqueira e aquícola. No ano de 2016, foi extinto o Ministério da Pesca e criada novamente a Secretaria de Aquicultura e Pesca, atualmente vinculada ao Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Ver capítulo: [Atividade pesqueira artesanal no Nordeste do Brasil](#)).

Mesmo com todas as mudanças administrativas observadas nas últimas décadas, a situação da pesca de pequena escala no Brasil não mudou, atualmente ainda enfrenta dificuldades em todos os elos da cadeia produtiva, seja na captura, produção ou comercialização (Nobrega et al., 2019; Vidal & Ximenes, 2019).

### 3. PESCA DE PEQUENA ESCALA

A pesca é uma fonte crucial de subsistência nos países em desenvolvimento, especialmente para famílias de baixa renda que vivem em áreas litorâneas onde as oportunidades de emprego são limitadas, e sua contribuição para a oferta de alimentos para as populações é significativa. Cerca de um bilhão de pessoas, na maioria em países em desenvolvimento, dependem do pescado como sua principal fonte de proteína animal, principalmente nas comunidades pobres (FAO, 2020).

Dados recentes publicados por Vidal e Ximenes (2019) e FAO (2020), indicam que a nível nacional, bem poucos recursos são ainda passíveis de aumento na sua exploração e que, de modo geral, é preocupante a situação da maioria dos estoques que já vem sendo explorados. A FAO (2020) cita o Brasil, juntamente com Tailândia, Vietnã, Turquia, Japão e Estados Unidos, como os países que apresentam atualmente, a nível mundial, a maior tendência de diminuição nas capturas marinhas de pescado.

Entretanto, esta situação já vinha sendo apresentada desde 2008 através do estudo realizado por Vasconcelos et al. (2008), que revelou o estado dos estoques, alvo da pesca de pequena escala, com um padrão insustentável de desenvolvimento da atividade pesqueira marinha nacional. Dias Neto (2010), também já citava que o Estado brasileiro tinha fracassado na missão de promover a gestão do uso sustentável de seus recursos pesqueiros.

É importante destacar que, a pesca não é um procedimento simples de extração de recursos, existe uma série de situações que merecem atenção. Apesar de distantes dos olhares da sociedade, os conflitos envolvendo os atores ligados direta e indiretamente a atividade pesqueira, são frequentes. Atrás do ato da pesca há inúmeras relações sociais. A pesca não é um assunto meramente ambiental, é, sobretudo um assunto político. Não se trata especificamente do recurso pesqueiro, mas da sociedade envolvida (Baptista, 2007; Silva et al., 2010; Silva & Lins Oliveira, 2013 e Silva et al., 2014).

Entretanto, a maioria das pescarias em todo o mundo é gerenciada usando apenas conhecimentos bioecológicos (Pomeroy & Beck, 1999; Gottret & White, 2001), sendo considerado que um dos principais fatores que ocasionam a sobrepesca em todo o mundo, está diretamente relacionado aos aspectos intrinsecamente humanos (Pauly et al., 2002). A falha de incorporar outras informações importantes (sociais, econômicas, políticas, culturais e locais) no processo de gestão, pode também ser considerada uma das causas do colapso de muitas

pescarias em todo o mundo (Hamilton et al., 2011). A crise resultante do declínio e/ou estagnação da produção pesqueira, tem precipitado uma chamada urgente a repensar a forma como é gerida esta atividade (Silva & Lins Oliveira, 2013; Lima et al., 2017).

Mesmo assim, a ciência pesqueira reduziu o elemento humano a conceitos simplistas como, por exemplo, esforço de pesca, captura por unidade de esforço, captura máxima sustentável, rendimento máximo sustentável, dentre outros. Os processos sociais que crescentemente ameaçam os recursos pesqueiros foram quase que completamente marginalizados do estudo da pesca. Uma evidência disso é que os três livros mais citados na ciência pesqueira (Hilborn & Walters, 1992; Wootton, 1998; Walters & Martell, 2004), enfocam quase que exclusivamente a biologia, a ecologia dos peixes e as estratégias de pesca. Por outro lado, fica evidente que somente o entendimento sobre a biologia e ecologia das populações de peixes, não são suficientes para determinar estratégias de exploração pesqueira que sejam sustentáveis. Este fato contribuiu fortemente para que cerca de 34,2% dos estoques pesqueiros do mundo estejam em sobrepesca ou esgotados e 59,6% estejam sendo explorados em sua capacidade máxima (FAO, 2020).

De forma complementar, isso remete aos regimes de propriedade dos recursos comuns, que idealmente podem ser divididos em quatro tipos:

- a)** o livre acesso (ausência de direitos de propriedade bem definidos);
- b)** a apropriação privada;
- c)** a apropriação estatal;
- d)** a apropriação comunitária.

De acordo com as evidências empíricas disponíveis, com exceção do regime de livre acesso, fadado ao fracasso em médio e longo prazo, um determinado recurso pesqueiro pode ser gerido de forma ecológica e socialmente sustentável, separadamente ou em regime misto (Berkes, 2005).

Os conflitos socioambientais, sejam regionais ou locais, encontram-se no centro do debate. Observa-se que o contato da sociedade abrangente com diferentes culturas decorre de um processo histórico de conflitos relativos à dinâmica cultural, envolvendo questões como políticas de gerenciamento ambiental, territorialidade e apropriação dos recursos naturais (Soares et al., 2018). Essas populações tradicionais estabelecem contato direto, inscritos em valores e práticas, que permitem uma delimitação entre determinados grupos de cultura abrangente. Dessa maneira, as interfaces existentes entre as culturas tradicionais e a cultura abrangente permitem uma intensa troca de informações (Souza et al., 2009; Silva & Lins Oliveira, 2013).

Já citava McGoodwin (1990) na década de 1980, que considerar os processos envolvidos nas práticas culturais requer, por sua vez, a compreensão das relações que se estabelecem entre as comunidades e os espaços em que ritualizam suas atividades, onde se concretizam as interações entre o homem e o meio em que expressam suas relações simbólicas e materiais. As relações intrínsecas das comunidades pesqueiras com o meio ambiente e seus recursos pesqueiros justifica a necessidade de se considerar o binômio Sociedade - Natureza. Neste contexto, a gestão dos recursos pesqueiros e atores envolvidos na atividade, deve ser considerada como uma questão social. Razão pela qual, deve-se incorporar aos modelos de gestão a dimensão humana, a fim de que possam ser bem sucedidos.

Para Haesbaert (2006), todo grupo se define, essencialmente, pelas ligações que estabelece no tempo, tecendo seus laços de identidade na história e no espaço, apropriando-se de um território (concreto e/ou simbólico) no qual distribui o marco que orienta suas práticas sociais.

Neste sentido, Ramalho (2006) cita que não se pode negar que, para se reproduzirem nesses espaços naturais, os pescadores desenvolveram relações socioculturais específicas aos seus diversos ambientes de trabalho (marinho e estuarino), que

estão sujeitos ao ciclo natural das marés (cheia e vazante) e das espécies (reprodução e migração).

Ainda segundo Ramalho (2006), tais diferenças não devem ser negadas em hipótese alguma, mas descartar as semelhanças das práticas sociais adotadas pelos trabalhadores da pesca é um equívoco. Elas são encontradas nos próprios laços de solidariedade presentes no sistema de parentesco, na importância do mestre da embarcação e no sistema de marcação dos pesqueiros estabelecidos, tanto em relação a pesca estuarina relatada por Cordell (2001) quanto na atividade pesqueira marítima discutidas por Maldonado (2000) e Silva et al. (2012).

## 4. O CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL (CEL)

Um novo campo de ação desenvolveu-se desde os anos 1990, sob a influência de pesquisadores interdisciplinares que estudam os saberes da natureza das populações tradicionais, na perspectiva de valorizar esses saberes para gerir os recursos naturais. Os saberes locais são designados pela sigla CEL (Conhecimento Ecológico Local) ou LEK (*Local Ecological Knowledge*); e ainda, TEK (*Traditional Ecological Knowledge*) (Berkes, 1999). No campo da gestão usa-se o termo TEKMS (*Traditional Ecological Knowledge and Management Systems*), isto é, os saberes ecológicos tradicionais e os sistemas de gestão, subentendidos, dos grupos tradicionais (Roué, 2000).

Essa corrente socioambientalista mundial acredita que culturas e saberes tradicionais podem contribuir para a manutenção da biodiversidade dos ecossistemas, respaldada pela ecologia social, um campo do conhecimento que associa saberes ecológicos com justiça social. O princípio central da ecologia social é que as comunidades locais interagem com os ambientes naturais usando somente tecnologias que surgiram daquele lugar.

Tais sociedades, como vimos, desenvolveram práticas culturais de utilização dos recursos naturais que levaram à sustentabilidade desses lugares, muitas vezes aumentando a diversidade de espécies existentes (Costa, 2011).

Desse modo, comunidades locais são aqui entendidas como as que vivem de maneira diferente da sociedade urbano-industrial e mantém contato mais direto com a natureza. São exemplos as comunidades ribeirinhas e costeiras de pescadores tradicionais do Nordeste do Brasil (Brasil, 2009 e Silva et al., 2014).

O CEL tem provado ser uma ferramenta valiosa para a gestão de recursos, mas é na maior parte inexplorado. Incorporando o mesmo ao processo de decisão e criação de sistemas de gestão de recursos baseados na comunidade pode-se ter muitos benefícios (Porcher et al., 2010). Neste sentido, utilizando-se o CEL nos primeiros estágios de uma ação de gestão, pode-se fazer a diferença entre a percepção da utilidade e da verificação posterior (Scholz et al., 2004). Este conhecimento não é sempre preciso, entretanto pode ser utilizado para desenvolver hipóteses testáveis que possibilitam confirmar a confiabilidade dos dados, minimizando conflitos entre os valores ecológicos e econômicos e entre os diferentes interesses de gestão (Begossi et al., 2011; Ruddle & Davis, 2011; Silva & Lins Oliveira, 2013).

De acordo com Johannes (2002), as pescarias costeiras de pequena escala tropicais ocorrem em ambientes complexos e exploram uma grande diversidade de organismos. Numa realidade em que os dados bioecológicos das espécies e estatísticas de capturas, fundamentais para a gestão pesqueira, são escassos ou inexistentes, as informações dos pescadores são fundamentais. Dessa forma, o Conhecimento Ecológico Local consiste na base das práticas de manejo, que geralmente resultam na conservação e uso sustentável dos recursos pesqueiros. Para Johannes (2002), a combinação da participação da comunidade, da ciência



rigorosamente aplicada e da incorporação dos conhecimentos ecológicos locais, irão fornecer a capacidade adaptativa para se avaliar precisamente o status e a resiliência dos recursos. Esta avaliação irá contribuir para determinar resultados que irão beneficiar o gerenciamento comunitário em longo prazo.

Dependendo da perspectiva analítica, diferentes enfoques são possíveis de serem desenvolvidos na pesquisa etnobiológica. Pela visão oriunda das ciências biológicas, o pesquisador envolve-se com o objeto de estudo caracterizado como Conhecimento Ecológico Local, podendo focar relações específicas, como proposto por Silvano (2004), ou abarcar relações amplas e sistêmicas, como a etnoecologia citada por Berkes & Folkes (2002) e Hanazaki et al. (2007). Mas, muitas vezes não faz parte do escopo da pesquisa debruçar-se sobre o contexto socioambiental em que as populações tradicionais estão inseridas (Marques, 2010).

Nesse cenário, estudos têm analisado e interpretado as informações etnobiológicas e etnoecológicas adquiridas junto aos pescadores, gerando informações condizentes com a literatura ictiológica (Ruddle, 2001; Hill et al. 2010; Silva et al. 2014).

Neste contexto, alguns pesquisadores consideram que a junção do conhecimento científico e do conhecimento tradicional dos pescadores, forma um "sistema especialista", que é responsável por ampliar a compreensão sobre os complexos processos ambientais e atenuar as deficiências inerentes aos dois conhecimentos quando utilizados separadamente (Mackinson & Nottestad, 1998; Ruddle & Davis, 2011; Silva et al., 2020).

Os estudos na área da etnoictiologia têm contribuído para a compreensão da ecologia dos recursos pesqueiros em diversos ambientes e regiões, como por exemplo, no Canadá (Felt, 1994; Johannes et al., 2000), no Mar Mediterrâneo (Sarda & Maynou, 1998), no estuário africano de Fátala

(Poizat & Baran, 1997) e no Pacífico Sul (Johannes, 1981; Johannes et al., 2000).

No Brasil, pesquisas etnoictiológicas têm sido realizadas principalmente durante a última década. Alguns desses estudos enfocam a etnotaxonomia (classificação e nomenclatura) de peixes por pescadores de várias regiões, como na costa Sudeste (Figueiredo & Menezes, 1978; Silvano & Begossi, 2012) e Nordeste (Freire & Pauly, 2005; Mourão & Nordi, 2006; Souto, 2008; Alves et al., 2010; Silva et al., 2010; Freitas et al., 2012; Silva et al., 2014; Garcia Junior et al., 2015; Carvalho et al., 2018; Araujo et al., 2021).

De acordo com Mourão et al. (2006), a etnotaxonomia, embora pareça extremamente descritiva, aos olhos de leigos, permite discussões e especulações de caráter teórico que são ligadas à essência da própria concepção da etnobiologia. Por exemplo, através de uma análise etnotaxonômica é possível discutir sobre a existência de descontinuidades identificáveis no mundo natural e o quanto elas refletem as interpretações culturais. Identificadas estas descontinuidades, é possível discutir se são percebidas de maneira coerente entre os grupos, ainda que alguns, mais do que outros, possuam uma melhor compreensão na maneira de classificar os diferentes ambientes naturais.

Assim, a classificação *folk* preocupa-se em investigar como e de que maneira as sociedades humanas vêem a natureza, sob um ponto de vista cognitivo, no qual interessa o reconhecimento e a classificação de animais e plantas. Entretanto, há concepções teóricas contrastantes por trás destas preocupações etnotaxonômicas. Abordagens relativistas, por exemplo, compreendem as espécies como produtos da mente humana ou criações mentais comparáveis a conceitos construídos socialmente e culturalmente (Mourão et al., 2006; Silva et al., 2010).

Outra linha de pesquisa que aborda os conhecimentos tradicionais é a etnoecologia, que segundo Moran (1990), tenta elucidar os processos

e entendimentos pelos quais uma população classifica seu ambiente. Neste contexto, a etnoecologia facilita a pesquisa de campo porque se baseia na coleta de dados linguísticos e dos critérios que diferenciam os termos utilizados. Desta forma, o pesquisador pode gradativamente ir descobrindo as estruturas lógicas que compõem a percepção sobre o ambiente físico e social. Assim como a lógica interna dos termos de parentesco refletem a história de uma população e influenciam o comportamento social de membros de uma sociedade, os termos usados para classificar o ambiente físico refletem o uso passado do ambiente e influem sobre o comportamento dos indivíduos no presente.

Evidências estão se acumulando rapidamente para mostrar que a incorporação do conhecimento social no processo de gestão pode significar novo desenho de políticas que não só protegem um recurso natural, mas também induzem a menos conflitos, além de despertar maior adesão e minimizar os custos sociais inerentes a proteção do recurso (McPhee & Loveday, 2000; Hamilton et al., 2011; Silva et al., 2014).

Desse modo, o conhecimento sobre os recursos, a dinâmica dos ecossistemas e as práticas de gestão associadas existe entre as pessoas das comunidades que, diariamente e por longos períodos de tempo, interagem em seu benefício e subsistência com os ecossistemas (Berkes et al., 2006). Segundo Gadgil et al. (2000), Armitage (2003), Brown (2003) e Hamilton et al. (2011), a forma como esse conhecimento está sendo organizado e culturalmente incorporado, e sua relação com a ciência, são primordiais no sentido de canalizar novas formas de gestão dos recursos ambientais tornando-os temas importantes. Esses cientistas defendem que a gestão e governança dos sistemas adaptativos complexos podem se beneficiar da combinação de diferentes sistemas de conhecimento.

Quanto ao conhecimento da distribuição espaço/temporal dos recursos pesqueiros, segundo Marques (2010), tanto pode ser relativamente bem distribuído dentro da população e transmitido

transgeracionalmente, como pode ser exclusivo ou privado de determinados indivíduos, só sendo transmitido opcional e casualmente pelos seus detentores, como uma herança para determinados escolhidos seus. Desse modo, os pescadores artesanais, que mantêm contato direto com o ambiente natural, possuem conhecimento acerca da classificação, história natural, comportamento, biologia e utilização dos recursos da região onde vivem, gerando informações relevantes para a conservação e manejo, como a abundância e comportamento das espécies capturadas ou a situação da pesca no passado (Silvano et al., 2009; Silva & Lins Oliveira, 2013).

Neste contexto, as informações fornecidas pelos pescadores sobre as principais alterações no ambiente marinho local são importantes para a reestruturação da percepção sobre o que seria um ambiente natural (Silva & Lins Oliveira, 2013; Lima et al., 2017). Esse resgate da história do meio ambiente local é fundamental as futuras gerações de pesquisadores e pescadores que venham a formular hipóteses e a estabelecer metas para o futuro (Gerhardinger et al., 2006). O problema da mudança gradual entre gerações na percepção de “integridade ambiental” é uma questão preocupante e afeta cientistas e as comunidades tradicionais (Sanz-Arroyo et al., 2005).

Estudos que enfocam esses conhecimentos, também podem trazer benefícios, ao reforçar os valores culturais das comunidades pesqueiras, dando a eles maior participação política e reconhecimento por parte de seus governantes, além de favorecer o diálogo entre pescadores e gestores (Valbo-Jorgensen, 2008; Silvano et al., 2009; Silva et al., 2010)

Por outro lado, é importante destacar que alguns especialistas como Krupnik e Jolly (2002), questionam o papel do Conhecimento Ecológico Local na situação atual de mudanças ambientais generalizadas e sociedades globalizadas, enquanto outros cientistas como, Berkes e Folke (2002), argumentam que há lições a partir desses sistemas para modelos

complexos de gestão. Destacam que também deve ser levado em consideração as interações entre escalas temporais e espaciais e níveis organizacionais e institucionais, em particular durante períodos de rápida mudança, incerteza e reorganização do sistema.

Portanto, resultados conflitantes entre o conhecimentos tradicionais e os estudos científicos, não necessariamente indicam uma falha tanto de fontes, como por falta de confiabilidade das comunidades pesqueiras. As diferenças são complementares, e poderão fornecer dois resultados verdadeiros, mas diversificados. Tais discrepâncias entre duas fontes de informações podem proporcionar oportunidades úteis para investigar novos dados biológicos (Johannes et al., 2000; Huntington et al., 2004). As diferenças entre as fontes de dados pode ainda ser um resultado das diferenças nos métodos, períodos de tempo, experiências e escalas espaciais a partir da qual cada fonte de dados é coletada (Poizat & Baran, 1997; Huntington et al., 2004; Hill et al., 2010).

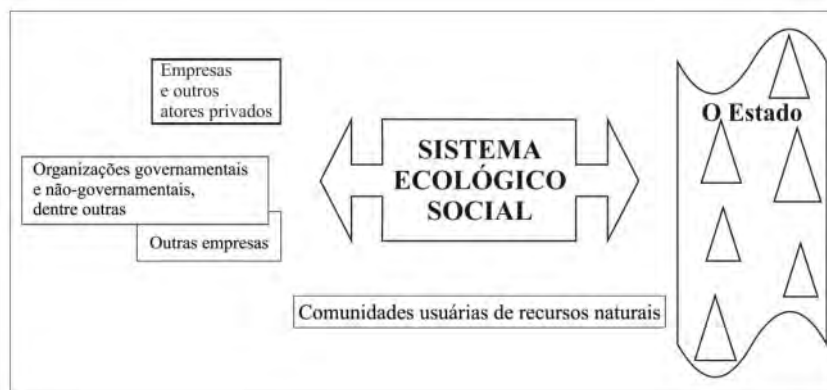
## 5. A GESTÃO COMPARTILHADA DOS RECURSOS PESQUEIROS

A gestão ambiental compartilhada, segundo Leff (2007), vem propor além da oportunidade de reverter os custos ecológicos e sociais da crise

econômica, a possibilidade de integrar a população marginalizada num processo de produção para satisfazer suas necessidades fundamentais, aproveitando o potencial ecológico de seus recursos ambientais e respeitando suas identidades coletivas. Assim, estão surgindo “iniciativas descentralizadas” para construir uma nova racionalidade produtiva, fundada em práticas de manejo múltiplo, integrado e sustentado dos recursos naturais, adaptadas as condições ecológicas particulares de cada região e aos valores culturais das comunidades locais.

Neste sentido, os sistemas brasileiros de gestão compartilhada segundo Kalikoski et al. (2009) e Pereira et al. (2009), representam novos arranjos institucionais que podem intermediar a proteção das sociedades tradicionais (tais como pescadores artesanais e coletores de crustáceos e moluscos) contra a pressão de práticas insustentáveis de uso dos recursos pesqueiros (Fig. 15.6). Por outro lado, a maioria dos governos consideram esses recursos como livre e abertos a todos os cidadãos, não considerando territórios de pesca de muitas comunidades pesqueiras (Berkes et al., 2006).

Para a maioria das espécies capturadas pelos pescadores artesanais, de águas costeiras, marinhas e continentais, não existem regras que controlem o acesso aos recursos pesqueiros, o que se leva a afirmar que embora exista clara definição de propriedade dos recursos, vive-se uma situação que mais se parece com o livre acesso (Kalikoski et al., 2009).



**Figura 15.6** Exemplo de sistema de Gestão Compartilhada. **Adaptado** de Carlsson e Berkes (2005).

Para Freitas e Seixas (2011), ocorrem situações em que vários usuários competem ao mesmo tempo por um mesmo recurso pesqueiro, com alto risco de sobrepesca, gerando situações onde alguns pescadores vão pescar muito e outros, baixas capturas. Isso leva, naturalmente, a uma grande competição entre pescadores, em que todos querem pescar o máximo para si, pois se assim não fizerem outros o farão. Esse fato está na raiz dos grandes conflitos entre pescadores, e certamente no estado atual de sobrepesca dos estoques pesqueiros costeiros, principalmente no Nordeste brasileiro.

Os direitos de uso territoriais, de acordo com Kalikoski et al. (2009), podem ser considerados importantes instrumentos de gestão do acesso aos recursos pesqueiros, e podem ser apresentados de duas formas: a) uma área fechada para determinadas frotas ou tamanhos de barcos, ou reserva marinha (unidades de conservação de proteção integral) em que todos os pescadores e frotas são igualmente afetados por uma proibição geral da pesca em determinados locais; b) uma forma baseada nos direitos territoriais de uso ou direitos a extração dos recursos pesqueiros por populações tradicionais, que em geral são caracterizadas pela busca em conciliar a conservação dos recursos pesqueiros com seu uso sustentável.

Essa segunda forma de gestão de uso tem por objetivo atribuir direitos para indivíduos e ou comunidades de pescadores em determinadas localidades. Muitos exemplos dessa forma de gestão ao redor do mundo sugerem que esses sistemas de pesca possuem potencial considerável para fornecer uma gestão socialmente justa e ecologicamente equilibrada, ou seja, em que os recursos pesqueiros e as comunidades de pescadores se beneficiam mutuamente pela gestão responsável do uso (Olsson & Folke, 2001; Berkes, 2007).

Em muitos casos, a manutenção da atividade de pesca das comunidades litorâneas, principalmente

na região Nordeste do Brasil, depende do conhecimento local compartilhado e das regras informais de uso e de exploração dos recursos pesqueiros, do contrário, as comunidades não se manteriam durante tantos anos na atividade pesqueira. Até porque, se não existissem regras locais, o estoque de peixes já poderia ser menor e não ser igualmente distribuído entre todos. De acordo com Clauzete et al. (2007), as regras locais de sistemas pré-existentes de manejo informal podem contribuir para planos de manejo formal, porque já existem e são postas em prática há anos.

De acordo com Gemmil e Bamidele-Izu (2005), a sociedade civil tem importante papel de governança ambiental global, devendo-se considerar as seguintes premissas: a) coleta e difusão de informações, b) consulta para o desenvolvimento e implementação de políticas, c) avaliação e monitoramento e d) advocacia em prol da justiça ambiental.

E como bem coloca Kalikoski et al. (2009), na gestão compartilhada as decisões tomadas para resolver problemas ou melhorar o uso dos recursos pesqueiros, tanto para os usuários como para o ambiente, deverão ser tomadas pelas partes envolvidas, de forma democrática. Entretanto, para que isso possa ocorrer, é necessário entender não somente a importância da participação, mas sobretudo como ela se dá, para que os objetivos que se esperam numa situação de tomada de decisão sejam atingidos, que é o de representar o interesse coletivo e não o individual.

## 6. ESTRATÉGIAS PARA UMA GESTÃO RESPONSÁVEL

A utilização do Conhecimento Ecológico Local (CEL) tem sido cada vez mais reconhecido no meio acadêmico, que defende sua utilização na elaboração de novas metodologias qualitativas de investigação pesqueira e conservação dos

recursos, integrando-o ao planejamento de gestão, ensino e extensão. Neste sentido, já na década de 1980, Sedberry (1983) citava que para o manejo dos estoques que visem o aumento da produção pesqueira sem, contudo, provocar um desequilíbrio ambiental, os estudos completos do papel funcional dos pescados nos ecossistemas em que estão inseridos, são essenciais. Sendo assim, o hábito alimentar e a posição das espécies na cadeia trófica, constituem alguns dos mais relevantes aspectos a serem considerados nos estudos sobre a temática pesqueira.

Pode-se considerar nesse contexto, que o conhecimento sobre o habitat das espécies resulta em eficiência operacional das técnicas de pesca, uma vez que permitem que os pescadores de pequena escala não desperdicem tempo e energia na busca de recursos situados em locais inadequados. Neste sentido, de acordo com Berkes et al. (2006), manter as comunidades pesqueiras e envolvê-las no processo de gestão é a lógica da capacitação, no entanto, nem todas as comunidades têm condições de criar suas próprias regras, sendo atribuição da gestão pesqueira desenvolver essa habilidade. A parceria entre órgãos do governo e as comunidades locais é de fundamental importância à melhoria da gestão da pesca de pequena escala, de forma a promover possibilidades e valorização da pesca como atividade principal. Entretanto, um dos maiores desafios das políticas públicas é estimular arranjos institucionais de forma que sejam coerentes com as características dos ecossistemas, e incorporar a ligação sócio ecológica no seu planejamento. Neste cenário, a gestão compartilhada se apresenta como uma sugestão para gerir os recursos com sustentabilidade em comunidades de pescadores artesanais, já que este sistema de gestão incorpora medidas de partilha de poder, capacitação, definição de direitos e relaciona os diferentes sistemas de conhecimento, ou seja, o conhecimento local e científico.

Como exemplo de ação bem sucedida, podemos citar a Reserva de Desenvolvimento Sustentável

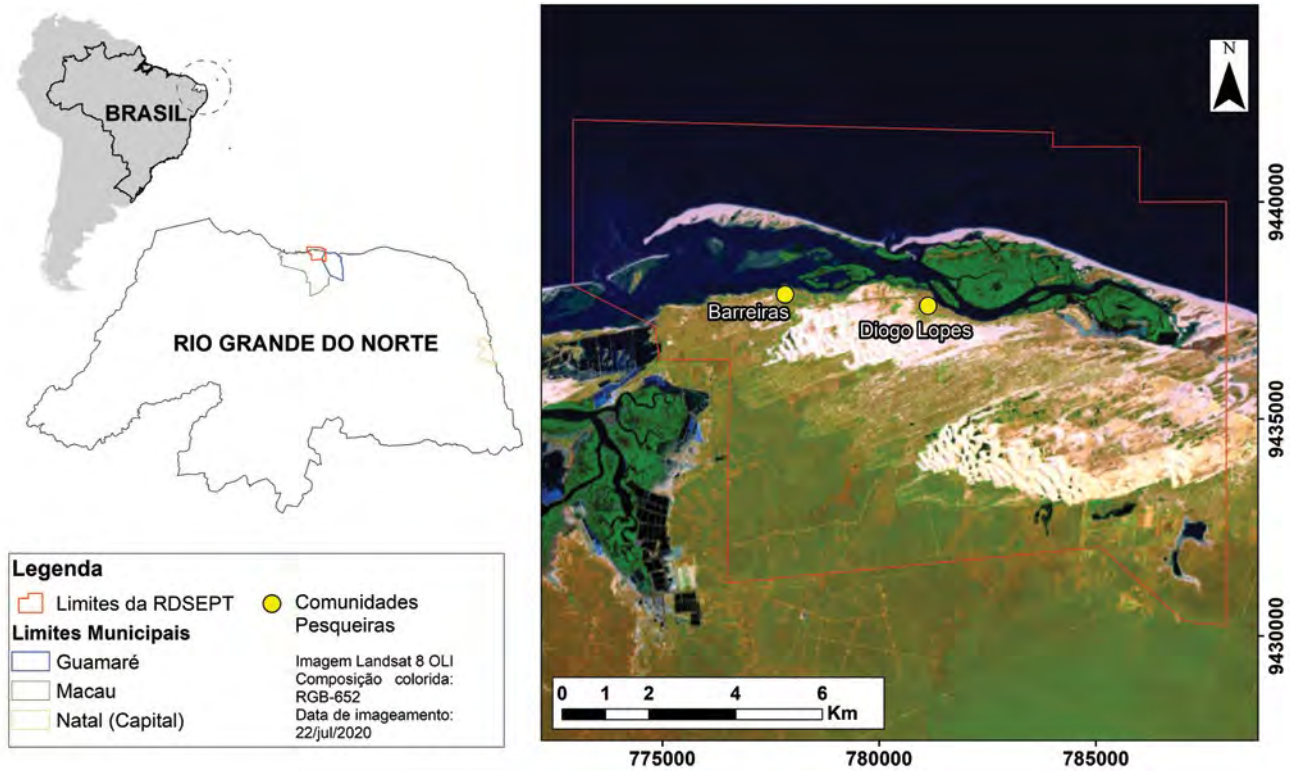
Estadual Ponta do Tubarão (RDSEPT), localizada no município de Macau, litoral norte do Rio Grande do Norte (RN), e instituída pelo Governo do Estado através da Lei Estadual Nº 8.349 de 18 de julho de 2003 (Fig. 15.7).

Uma das peculiaridades desta Reserva é que sua criação foi uma demanda das comunidades pesqueiras inseridas na região. Em 1999, os moradores da região pressionados pelo poder econômico de investidores estrangeiros interessados na área, reagiram solicitando ao órgão ambiental estadual, a criação de uma área de preservação ambiental. Posteriormente, diante da pressão da carcinicultura, as comunidades novamente se uniram e após diversas manifestações foram atendidas pelo Governo do Estado, que criou a Reserva (Dias, 2007).

A RDSEPT engloba uma grande diversidade de ambientes, dentre os quais se destacam a restinga, estuário, manguezal, campos de dunas, falésias e áreas de caatinga. A área está inserida nas zonas salina e petrolífera do estado, onde o sal, o petróleo e a pesca são as principais atividades econômicas (Silva, 2013).

Estudos realizados na RDSEPT-RN por Silva et al. (2014), sobre a compatibilidade entre os conhecimentos ecológicos dos pescadores locais e os conhecimentos científicos já estabelecidos, no que se refere a exploração dos recursos pesqueiros, a dinâmica dos ecossistemas locais e as práticas de gestão utilizadas, colocou em evidência o profundo saber dos pescadores sobre os aspectos bioecológicos das espécies exploradas e seus ecossistemas (Fig. 15.8).

Os autores destacam que os pescadores da RDSEPT conseguem identificar com grande precisão as espécies que sofrem pressão de pesca, do mesmo modo que os diferentes ambientes de valor essencial aos recursos marinhos, como aqueles importantes para a reprodução, desova, recrutamento e alimentação (Tab. 15.1). Destacam ainda que as informações do CEL dos pescadores



**Figura 15.7** Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão, MACAU-RN, com destaque para as comunidades pesqueiras adjacentes.

**Fonte** <https://sites.google.com/site/redecidadanobarcosolidario/historia-dards-estadual-ponta-do-tubarao>. consulta em 18/01/2021. **Fotos** Getúlio Moura e acervo IDEMA-RN.

possuem grande compatibilidade com o conhecimento científico, contribuindo inclusive com informações ainda escassas na literatura científica de espécies exploradas comercialmente na região, identificando-se nesses casos a necessidade de estudos biológicos mais aprofundados sobre essas espécies.

Os pescadores da RDSEPT compartilham um modelo percebido pelo conhecimento que possuem do ambiente o qual inclui tanto aspectos bioecológicos quanto da distribuição espaço-temporal das diferentes espécies, e é com base nesse modelo que aperfeiçoam o seu comportamento na atividade pesqueira. Esse conhecimento, que pode ser denominado "Conhecimento Ecológico Local", sobre as espécies capturadas proporciona a identificação da dimensão de sua importância na gestão dos recursos pesqueiros explorados, definindo um

modelo cognitivo aplicável à exploração sustentável e conservação desses recursos (Silva et al., 2014).

No que diz respeito a gestão adotada no RDSEPT, Silva et al. (2014), citam que os pescadores apresentam particularidades quanto às estratégias de exploração dos recursos pesqueiros, utilizando regras de uso do espaço (territorialidade na pesca) e uso de estratégias de exploração de baixa produtividade, que são destinadas as capturas sazonais de espécies de peixes nos diferentes ambientes que compõe a Reserva Sustentável. Este manejo tradicional de pesca se caracteriza pelo padrão de utilização dos recursos, no qual diferentes grupos da comunidade se especializaram na coleta de determinadas espécies, apresentando boa atuação na conservação dos recursos naturais e nas estratégias de gestão, conciliando a conservação, com uma exploração sustentável e manutenção de suas tradições culturais.



**Figura 15.8** Oficinas para elaboração do plano de gestão pesqueira do RDSEPT-RN, com participação de pescadores e gestores municipais. **Fotos** Acervo Edilma Fernandes da Silva.

**Tabela 15.1.** Resultado do estudo comparativo para itens alimentares das espécies exploradas comercialmente na RDSEPT-RN, segundo o Conhecimento Ecológico Local (CEL) dos pescadores e literatura científica. Os parênteses representam a porcentagem de pescadores que citaram a informação. (N = número de pescadores entrevistados, NS = Não sabe). **Fonte** Silva et al. (2014).

Espécies Nome Local	Dieta		Predação		N
	Pescadores (%)	Literatura	Pescadores (%)	Literatura	
<i>Opisthonema oglinum</i> <b>Sardinha</b>	Barata do Mar (13) Camarão (11) Manjuba (58)	Peixes e Crustáceos (Carvalho-Filho, 1999)	Camurim (26) Todo peixe (68) Dourado (24)	Grande quantidade de peixe (Mourão & Nordi, 2003)	38
<i>Cheilopogon melanurus</i> <b>Peixe-voador</b>	Camarão (42) Engodo (68) Pequenos peixes (45)	Zooplankton Monteiro et al., 1998)	Cação (29) Serra (47) Peixes carnívoros (47)	Peixes oceânicos e golfinhos (Monteiro et al., 1998)	38
<i>Mugil curema</i> <b>Tainha</b>	Lodo (45) Lama (63) Areia (26) NS (13)	Algas, lodo e detritos (Szpilmam, 1992)	Carapeba (32) Cavala (37) Bonito (24) Xaréu (53)	Xaréu (Costa Neto, 2001)	38
<i>Trachinotus carolinus</i> <b>Garabebeu</b>	Buzaranha (32) Búzios (47) Camarão (34) Mariscos (29)	Moluscos (Menezes & Figueiredo, 1985)	Agulhão (24) Bicuda (13) Mero (24) Cação (32)	Mero (Menezes & Figueiredo, 1980)	38
<i>Diapterus auratus</i> <b>Carapeba</b>	Areia (16) Camarão (16) Cisco (29) NS (24)	Lodo e lama (Figueiredo & Menezes, 1980)	Guaiuba (50) Bonito (18) Cação (26) Xaréu (42)	Cação (Souto & Marques, 2009)	38
<i>Ocyurus chrysurus</i> <b>Guaiuba</b>	Caico (24) Garapau (18) Peixe pequeno (40)	Peixes, crustáceos e lulas (Moura & Lindeman, 2007)	Agulhão (8) Cavala (37) Cação (45) Dentão (42)	Cação (Souto & Marques, 2009)	38
<i>Lutjanus analis</i> <b>Cioba</b>	Agulha (16) Caico (18) Garapau (21) Peixe pequeno (47) NS (40)	Crustáceos e peixes (Mc Eahhron & Fechelm, 2005)	Agulhão (29) Bicuda (26) Cação (50) NS (21)	Cação (Souto & Marques, 2009)	38
<i>Scomberomorus brasiliensis</i> <b>Serra</b>	Arenque (16) Camarão (29) Peixe pequeno (47) NS (50)	Peixes Clupeidae (Carvalho & Filho, 1999)	Agulhão (32) Bicuda (21) Cação (40) Cavala (47)	Cação (Souto & Marques, 2009)	38
<i>Lutjanus jocu</i> <b>Dentão</b>	Agulha (21) Sardinha (47) Peixe-voador (45) NS (26)	Crustáceos, moluscos e peixes (Mc Eachhron & Fechelm, 2005)	Agulhão (32) Arraia (29) Cação (50) NS (26)	Cação (Souto & Marques, 2009)	38
<i>Lutjanus alexandrei</i> <b>Bauna de Fogo</b>	NS (100)	Crustáceos e peixes (Mc Eahhron & Fechelm, 2005)	NS (100)	Não encontrado	38
<i>Caranx hippos</i> <b>Xaréu</b>	Ariacó (29) Caico (32) Tainha (63)	Tainha (Marques, 1991)	Cação (26) Dourado (40) Dentão (32)	Cação (Souto & Marques, 2009)	38



A exemplo dos resultados obtidos para a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão RDSEPT-RN, a inserção do cidadão comum na tomada de decisão figura atualmente como um dos grandes desafios ao processo de gestão de recursos pesqueiros. Ela é dificultada por fatores como a falta de tradição do país em processos participativos e com a falta de organização, capacitação e de representações legítimas das comunidades pesqueiras. Como citado por Begossi et al. (2011) e Silva et al. (2014), mais do que disponibilizar uma simples oportunidade de troca de informações, as oficinas populares para elaboração de ações de gestão ambiental e exploração de recursos naturais, precisam propiciar o desenvolvimento das capacidades de negociação e cooperação entre os diferentes participantes.

Neste contexto, manejar recursos pesqueiros que envolvem diferentes explorações na pesca de pequena escala e comunidades tradicionais de pescadores diretamente dependentes destes recursos, representa um desafio que requer sensibilidade, agilidade e, sobretudo, criatividade, especialmente na tomada de decisões. É necessário que as ações de gestão sejam tão variadas quanto flexíveis, o suficiente para se adequarem à realidade das pessoas e dos recursos, e às mudanças constantes dos ambientes explorados.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O enfoque no Conhecimento Ecológico Local (CEL) está centrado em explicar como se percebem e classificam os elementos do mundo bioecológico, e a partir dessa análise convergir interesses entre as etnociências e as preocupações sobre os direitos das comunidades locais e o seu desenvolvimento.

Existe a necessidade de integrar e aproveitar o conhecimento de várias fontes, de modo que as comunidades costeiras possam gerir eficazmente os seus recursos, e permanecer resiliente em tempos de mudança. Este conhecimento deve permitir

que órgãos governamentais, pesquisadores e comunidades tradicionais de pesca possam produzir políticas úteis e práticas de gestão eficazes.

O manejo tradicional praticado nas comunidades pesqueiras da região costeira do Nordeste do Brasil identifica-se como padrão de utilização dos recursos, no qual diferentes grupos se especializaram na coleta de recursos específicos, o que segundo especialistas, muitas vezes impede a sobrepesca de espécies. Quanto aos aspectos tecnológicos, a atividade da pesca de pequena escala no Nordeste do Brasil apresenta os mesmos problemas que as demais comunidades do litoral brasileiro. Tendo pouca duração de tempo em alto-mar devido ao baixo poder de autonomia e armazenamento, e sendo realizadas de acordo com as condições da natureza, uma vez que as embarcações em muitos casos não dispõem de instrumentos de navegação adequados.

Tendo em vista a importância socioeconômica das espécies exploradas pelos pescadores artesanais, existe a necessidade do reconhecimento do envolvimento dos mesmos no processo de gestão, a fim de melhorar sua qualidade de vida. Neste sentido, o reconhecimento das interações dos sistemas social, econômico e ecológico pelas agências de ordenamento da pesca de pequena escala permitirá a condução do manejo dos recursos de forma participativa e mais eficiente através do manejo compartilhado entre os diversos setores, possibilitando a garantia do sucesso das pescarias com sustentabilidade ambiental.

Neste contexto, a gestão compartilhada para exploração dos recursos pesqueiros deve compor um processo contínuo de formação que se estabelece nas ações sociais como ferramenta a serviço do aprendizado que se constrói na ação conjunta. Deve-se considerar que não existem soluções rápidas para a gestão integrada e participativa no uso compartilhado dos recursos pesqueiros. O exercício da gestão compartilhada é uma forma de buscar no coletivo os meios necessários para enfrentar os desafios e as

dificuldades, buscando alternativas que possam contribuir para uma melhor distribuição do poder.

Neste contexto, a gestão compartilhada deve considerar as relações de interdependência entre os diversos sistemas sociais, as características e diversidades ambientais, e na capacidade de resposta rápida e de regular as consequências das intervenções, ou seja, todos os envolvidos no processo de gestão terão que aprender a lidar com as imprevisibilidades dos comportamentos diante da crise do setor pesqueiro e ao mesmo tempo participar e estimular a elaboração de estratégias aplicáveis, adaptadas as especificidades dos contextos locais.

Quanto às iniciativas de gestão, pressupõe-se a formação de parcerias envolvendo agentes governamentais, os usuários diretos e indiretos dos recursos pesqueiros e agentes externos (organizações sociais e instituições públicas municipais, estaduais e federais). Nesse caso, os atores compartilham a responsabilidade e a autoridade de tomada de decisão relativa à gestão da pesca. A gestão compartilhada é um processo experimental guiado por três vetores: a descentralização (pensado como uma visão sistêmica), a autonomia local e a resiliência ecossistêmica.

Nesse sentido, o planejamento de sistemas de gestão compartilhada dos recursos naturais para o desenvolvimento sustentável deverá propor uma visão sistêmica do processo de desenvolvimento nos níveis local e regional, bem como a necessidade de compartilhar direitos, responsabilidades e poder com as comunidades costeiras. Trata-se de uma estratégia adaptada às especificidades de cada contexto sócio-ecológico e norteadas pela conservação dos recursos, de melhor aproveitamento do pescado, associado à agregação do valor, sem aumento do esforço de pesca e sem ampliar o volume das capturas.

O êxito desse enfoque aumenta consideravelmente se o mesmo for pensado como parte da criação e da articulação progressiva de arranjos de gestão

compartilhada de recursos pesqueiros, conduzidas com base em um processo de integração máxima das políticas públicas incidentes na zona costeira. Tratando-se portanto, de uma estratégia em níveis local e regional, mais ampla de uma definição dos planos de desenvolvimento integrado e participativo.

Portanto, a relação das comunidades tradicionais com o ambiente em que vivem é tão estreita que se torna imprescindível incorporar seus saberes suas formas de apropriação do espaço e dos recursos em um diálogo com as ciências e suas teorias, na tentativa de se garantir a continuidade das práticas pesqueiras de forma sustentável. Sendo essencial que as lógicas comunais de apropriação sejam efetivamente consideradas ao se propor políticas públicas voltadas para a manutenção dos recursos pesqueiros.

Abordar a questão de forma participativa e democrática é fundamental para que a inclusão de todos os setores, desde as pequenas comunidades pesqueiras tradicionais até a esfera política, e a cooperação em vários níveis, incluindo a participação voluntária das comunidades e estrutura juridicamente vinculada, possam fazer frente à imensa abrangência dos problemas que afetam a gestão dos recursos pesqueiros costeiros, da biodiversidade e do meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, U. P. **Etnobiologia e biodiversidade**. Recife: NUPEA/ Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia. 2006. 78 p.
- ARMITAGE, D. R. **Traditional agroecological knowledge, adaptive management and the socio-politics of conservation in Central Sulawesi, Indonesia**. Environmental Conservation, 30: p. 79–90. 2003.
- BAPTISTA, C. P. B. **O uso e a percepção ambiental de áreas úmidas por uma população ribeirinha na região da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia- Diversidade e Manejo da Vida Silvestre. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)- 2007, 73 p.

- BEGOSSI, A.; SALIVONVHYK, L.G.; ARAUJO, T.B.; ANDREOLI, M. CLAUZETE, M. MARTINELLI, C.M.; FERREIRA, A.G.L.; OLIVEIRA, L.E.C.; SILVANO, R. **Ethnobiology and snapper conservation in the artisanal fisheries of Brazil: target species and suggestions for management.** *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, p. 7-11, 2011.
- CARVALHO, M. M.; OLIVEIRA, M. R.; LOPES, P. F. M.; LINS OLIVEIRA, J. E. 2018. **Ethnotaxonomy of sharks from tropical waters of Brazil.** *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 14:71, 2018.
- SILVANO, R.A.M.; BEGOSSI, A. **Fishermen's local ecological knowledge on Southeastern Brazilian coastal fishes: contributions to research, conservations, and management.** *Neotropical Ichthyology*, 10 (1) p. 133-147, 2012.
- BERKES, F. **Adaptive co-management and complexity: exploring the many faces of co- management.** In: ARMITAGE, D.; BERKES, F. DOUBLEDAY, N. (eds.), *Adaptive Co- management*. University of British Columbia Press, Vancouver, p. 19-37, 2007.
- BERKES, F. **Sacred ecology.** Taylor and Francis, Philadelphia. 1999. 440 p.
- BERKES, F.; FOLKE, C. **Back to the future: ecosystem dynamics and local knowledge.** Pages 121–146 in L. H. Gunderson and C. S. Holling, editors. *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, D.C., USA. 2002.
- BERKES, F.; MAHON, R.; McCONNAY, P.; POLLNAC, R.; POMEROY, R. **Gestão da pesca de pequena escala: diretrizes e métodos alternativos.** Editora Furg, Rio Grande. 2006.
- BRASIL. **Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil – 2009**, in: CEPENE (Ed.). CEPENE, Tamandaré - PE. 2009.
- BRASIL. **Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil**, in: CEPENE (Ed.). CEPENE, Tamandaré- PE. 2011.
- BROWN, K. **Three challenges for a real people-centred conservation.** *Global Ecology and Biogeography* 12:89–92. 2003.
- CAMPOS, A. J. T. **Movimentos sociais de pescadores da Amazônia:** In: FURTADO Lourdes G.; LEITÃO, W; MELO, A B. F. (Orgs.). *Povos das águas: realidade e perspectiva na Amazônia*. Belém: MPEG, 1993.
- CARLSSON, L.; BERKES, F. **Co-management: concepts and methodological implications.** *Journal of Environment Management* 75, p. 65-76, 2005.
- CINNER, J.E.; AWANI, S. **Integrating customary management into marine conservation.** *Biol. Cons.* 140: p. 201-216, 2007.
- CLAUZETE, M.; RAMIRES, M.; BARRELLA, W. **Pesca artesanal e conhecimento local de duas populações caiçaras (Enseada do Mar Virado e Barra do Una) no litoral de São Paulo, Brasil.** *A Linguagem da Ciência*, n. 4, 2007.
- CORDELL, J. **Marginalidade social e apropriação marítima territorial na Bahia.** In: DIEGUES, A.C.S.; MOREIRA, A.C.C. (Org.). *Espaços e recursos naturais de uso comum*. NUPAUB-USP. p. 139-60, 2001.
- DIAS-NETO, J. – **Pesca no Brasil e seus aspectos Institucionais. Um registro para o futuro.** *Revista CEPESUL. Biodiversidade e Conservação Marinha*. 1(1): p. 66-80, 2010.
- DIAS, T.L.P.; ROSA, R.; DAMASCENO, L. C. P. **Aspectos socioeconômicos, percepção ambiental e perspectivas das mulheres marisqueiras da RDSEPT/RN.** *Gaia*, 1(1): p. 25-35, 2007.
- FAO. **El estudio mundial de la pesca y la acuicultura.** Rome. FAO, 2020. 243 p.
- FELT, L. F. **Two tales of a fish: the social construction of indigenous knowledge among Atlantic Canadian Salmon Fishers** p. 251-286. In: DYER, C.L. e McGoodwen, I. R. (Eds.). *Folk management in the worlds Fisheries* University Presses Colorado, Newot, Colorado.1994.
- FREITAS, A. F.; FREITAS, A. F.; DIAS, M. M. **O uso do diagnóstico rápido participativo (DRP) como metodologia de projetos de extensão Universitária.** *Em Extensão, Uberlândia*, 11(2):69-81. julho/dez.2012.
- FREITAS, R.; SEIXAS, S. R. **A pesca artesanal frente às instituições sociais modernas e os desafios do desenvolvimento territorial.** *Revista Vitas*. v. 1, p. 1–22, 2011.
- GARCIA JÚNIOR, J.; NÓBREGA, M. F.; LINS OLIVEIRA, J. E. **Coastal fishes of Rio Grande do Norte, northeastern Brazil, with new records.** *Check List (São Paulo. Online)*, v. 11, p. 1659-24, 2015.
- GADGIL, M., SESHAGIRI RAO, P. R.; UTKARSH, G.; PRAMOD, P.; CHATRE, A.GEMMILL, B.; BAMIDELE-IZU, A. **O papel das ONGs e da sociedade civil na governança ambiental global.** In: ESTY, D.C.; IVANOVA, M.H. (Org.). *Governança ambiental global: opções & oportunidades*. São Paulo: SENAC. p. 89-114. 2005.
- GERHARDINGER, L. C.; MARENZI, L. C.; BERTNOCINI, A. A.; MEDEIROS, R. P.; HOSTIM-SILVA, M. **Local ecological knowledge on the Goliath grouper *Epinephelus itajara* (Teleostei: Serranidae) in Southern Brazil.** *Neotr. Ichthyol* 4(4): p. 441-450. 2006.
- GOTTRET, M. V.; D. WHITE. **Assessing the Impact of Integrated Natural Resource Management: Challenges and Experience.** *Conservation Ecology* 5:17. 2001.
- HAESBAERT, R. **Territórios alternativos.** 2. ed. São Paulo: Contexto, 2006. 160 p.
- HAMILTON, R.; SADOV, Y. de M.; AGUILLAR-PERERA, A. **The role of local ecological knowledge in the conservation and management.** In: SADOV, Y. de M.; COLIN, P.L. (Eds.). *Reef Fish Spawning Aggregations*. Fish & Fisheries. Series 35, Springer Science, p. 331- 369. 2011.

HANAZAKI, N.; CASTRO, F.; OLIVEIRA, V.G.; PERONI, N. **Between the sea and the land: the livelihood of estuarine people in southeastern Brasil.** *Ambiente e Sociedade*, 10: p. 121-136, 2007.

HILBORN, R.; WALTERS, C. J. **Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics, and uncertainty.** Chapman and Hall, New York, 1992. 503 p.

HILL, N.A.O.; MICHAEL, K.P. FRAZER, A.; LEISLIE, S. **The utility and risk of local ecological knowledge in developing.** Stakeholder driven fisheries management: The Foveaux strait dredge oyster fishery. *New Zealand. Ocean & Management*, 53: p. 659-668. 2010.

JOHANNES, R. E.; FREEMAN, M. M. M.; HAMILTON, R. J. **Ignore Fisher's knowledge and miss the boat.** *Fish and fisheries*, Oxford, 1º: p. 257-271. 2000.

JOHANNES, R.E. **Words of the Lagoon: fishing and marine lore in the Palau district of micronesia.** University of California Press, Berkeley. 1981.

JOHANNES, R. E. **The Renaissance of community-based marine resource management in Oceania.** *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33, p. 317-340, 2002.

KALIKOSKI, D.; DIAS-NETO, J.; THÉ, A. P. G.; RUFINO, M. L.; MARRUL-FILHO, S. **Gestão compartilhada do uso sustentável de recursos pesqueiros: refletir para agir.** Brasília.IBAMA, 2009.184 p.

KALIKOSKI, D. C.; SEIXAS, C. S.; ALMUDI, T. **Gestão compartilhada e comunitária da pesca no Brasil: Ambiente & Sociedade.** *Campinas (1)*: p. 151-172. 2009.

KRUPNIK, I.; JOLLY D. (eds). **The Earth is Faster Now: Indigenous Observations of Arctic Environmental Change.** Fairbanks: Arctic Research Consortium of the United States (ARCUS). xxvii, figures, photos, maps, tables, appendix. 2002. 356 p.

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade e complexidade.** Tradução de Lúcia Mathilde Endich Orth. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2007. 494 p.

LIMA, M. S. P.; LINS OLIVEIRA, J. E.; NÓBREGA, M. F.; LOPES, P. F. M. **The use of Local Ecological Knowledge as a complementary approach to understand the temporal and spatial patterns of fishery resources distribution.** *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 13, p. 1, 2017.

McGOODWIN, J. R. **Crisis in the world's fisheries: people, problems, and policies.** Stanford, USA: Stanford University Press, 1990.

MALDONADO, S. C. **A caminho das pedras: percepção e utilização do espaço na pesca simples.** In: DIEGUES, Antonio Carlos Sant`anna (org). *A imagem das águas.* São Paulo: HUCITEC, 2000.

MANESCHY, M. C. **Ajuruteua:uma comunidade pesqueira ameaçada.** Belém: CFCH/ UFPA- Editora Universitaria, 1995. 167 p.

MARQUES, J. G. W. **O camboeiro de setembro e as ladainhas de maio. Comunidades tradicionais pesqueiras do Brasil e sua inserção no nicho ecológico.** In: ALVES, A.G.C.; SOUTO,F.J.B; PERONI,N. *Etonoecologia em perspectiva.* *Natureza Cultura e Conservação.* Recife: NUPEEA. 2010.

McPHEE, D. P.; LOVEDAY, T. D. **The Queensland Fishing Industry and Ecologically Sustainable Development.** Pags 132-138. In: HALE, P.; PETRIE, A., MOLONEY, D., SATTTLER, P. (Ed.). *Management for Sustainable Ecosystems.* Centre for Conservation Biology, University of Queensland, Brisbane. 2000.

MORAN, E. **A ecologia humana das populações da Amazônia.** Petrópolis, Rio de Janeiro: Editora Vozes.1990. 367 p.

MOURA, G.M.; DIEGUES, A.S. **Os conhecimentos tradicionais e cietíficos do saco do Arraial, estuário da lagoa dos Patos (RS).** *B. Inst. Pesca São Paulo*, 35(3): p. 359-372, 2009.

MOURÃO, J. S.; MONTENEGRO, S. C. S.; HANAZAKI, N (Coord.). **Pescadores e peixes: o conhecimento local e o uso da taxonomia folk baseado no modelo berlineano.** *Serie Estudos e Debates.* Recife: NUPEEA. 2006.

MOURÃO, J. S.; NORDI, N. **Principais critérios utilizados por pescadores artesanais na taxonomia folk dos peixes do estuário do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil,** *Interciência.* 27: p. 1-7. 2002.

NOBREGA M.F.; GARCIA JUNIOR, J.; LINS OLIVEIRA J. E. **Biodiversidade Marinha da Bacia Potiguar - Peixes da Pesca Artesanal.** 1. ed. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2015. v. 53. 293 p.

OLSSON, P.; FOLKE, C. **Local ecological knowledge and institucional dynamics for ecosystem management: A study of Lake Racken watershed, Sweden.** *Ecosystems*, 4: p. 85- 104. 2001.

ORSTOM, **Understanding Institutional Diversity (Princeton Univ. Press, Princeton).** 2005.

OSTROM, E. **Governancy the commons.** The evolution of institutions for collective action. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1990.

PAULY, D.; CHRISTENSEN, V.; GUENETTE, S.; PITCHER, T.; SUMAILA, U., WALTERS, C. WATSON, R. & ZELLER, D. **Towards sustainability in: World Fisheries,** *Nature*, 418: p. 689-695. 2002.

POIZAT, G.; BARAN, E. **Fishermen's knowledge as background information in tropical fish ecology: a quantitative comparison with fish sampling results.** *Environmental Biology of Fishes* 50, p. 435-449.1997.

- POMEROY, C.; BECK, J. **An Experiment in Fishery Co-Management: Evidence from Big Creek.** Society and Natural Resources 12: p. 719-739. 1999.
- PORCHER, L.C.F.; POESTER, G.; LOPES, M.; SCHONHOFEN; SILVANO, R.A.M. **Percepção dos Moradores sobre os impactos ambientais e as mudanças na pesca em uma Lagoa Costeira do Litoral Sul do Brasil.** Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 36(1): p. 61-72, 2010.
- RAMALHO, C. W. E. **“Ah esse povo do mar”: um estudo sobre trabalho e pertencimento na pesca artesanal pernambucana.** São Paulo: Polis. CERES (Centro de estudos rurais do IFCH). UNICAMP. 2006. 175 p.
- ROUÉ, Marie. **Novas Perspectivas em etnoecologia “Saberes Tradicionais” e Gestão dos Recursos Naturais.** In: DIEGUES, Antonio Carlos (Org.). Etnoconservação, novos rumos para a conservação da natureza. 2. ed. São Paulo: Annablume Editora. NUPAUB. p. 67-78. 2000.
- RUDDLE, K.; DAVIS, A. **What is “ecological” in local ecological knowledge? Lessons from Canada and Vietnam.** Society and Natural Resources, Philadelphia, 24: p. 887-901. 2011.
- RUDDLE, K. **Systems of knowledge: Dialogue, relationships and process.** Env. Development. Sust. 2; p. 277-304. 2001.
- SARDA, F.; MAYNOU, F. **Assessing perceptions: Do Catalan fishermen catch more shrimp on Fridays? Fish.** Res., Amsterdam, v. 36, p. 149-157, 1998.
- SACHS, I. **Em busca de novas estratégias de desenvolvimento.** Estudos Avançados, v. 9, n. 25, p. 23-63, 1995.
- SEDBERRY, R.G. **Food habits and tropic relationship o community of the continental shelf.** NOAA. 733: p. 1-33, 1983.
- SANZ-ARROYO, A.; Roberts, C. M.; Torre, J.; Carino-Olvera, M. 2005. **Rapidly shifting environmental baselines among fishers of the Gulf of California.** Proceedings of the Royal Society of London B 272(1575):1957–1962.
- SCHOLZ, A.; BPNZON, K.; Fujita, R.; BENJAMIN, N.; WOODLING, N.; BLANCK, P. C. STEINBACK. **Participatory socioeconomic analysis: drawing on fishermen’s knowledge for marine protected areas planning in California.** Marine Policy 28: p. 335- 349. 2004.
- SILVA, V. A.; ALMEIDA, A. L. S.; ALBUQUERQUE, U. P. (Orgs.). **Etnobiologia e etnoecologia: pessoas & natureza na América Latina.** Recife: NUPEEA, 2010. 382 p.
- SILVA, E. F.; LOPES JÚNIOR, E.; LINS OLIVEIRA, J. E. . **Características socioeconômicas e culturais de comunidades litorâneas brasileiras: um estudo de caso - Tibau do Sul - RN.** Boletim Técnico Científico do CEPENE, v. 18, p. 79-95, 2013.
- SILVA E. F.; LINS OLIVEIRA, J. E. **Gestão Territorial e ocupação do solo no Município de Tibau do Sul/RN/BRASIL.** Sociedade e Território (Natal), v. 1, p. 62-79, 2013.
- SILVA, E.F.; LINS OLIVEIRA, J. E.; SCHIAVETTI, A. **Conhecimento Ecológico Local (CEL) na pesca artesanal da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão – RN,** Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 40 (3): p. 355-375. 2014.
- SILVANO, R. A. M. **A pesca artesanal e etnoictologia.** In: BEGOSSI, A (Org.). Ecologia de pescadores da Mata Atlântica e da Amazônia. São Paulo, Hucitec, p. 195-220, 2004.
- SILVANO, R.A.M.; VALBO-JØRGENSEN, J. **Beyond fishermen’s tales: contributions of fishers’ local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management.** Environment, Development and Sustainability, London, 10: p. 657–675, 2008.
- SOARES; LINS OLIVEIRA, J. E.; LIMA, E. R. V. . **Conflitos socioambientais na Área de Proteção Ambiental de Jenipabu - RN.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 11, p. 490-509, 2018.
- SOUTO, F. J. B. **A ciência que veio da lama: etnoecologia em área de manguezal.** Recife, NUPEA. Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia, 2008. 93 p.
- TORRES, M. F.; SILVA, M. L.; YUIMACHI, N. B. **O gerenciamento de estoques pesqueiros: caso do peixe piramutaba.** In: XIMENES, T. (org). Políticas pesqueiras nos países amazônicos. Belém: UNAMAZ/NAEA/UFPA. p. 279-363, 1996.
- VALBO-JORGENSEN, J. E; POULSEN, A. **Using local knowledge as a research tool in the study of river fish biology: experiences from the Mekong.** Environment, Development and Sustainability 2: p. 253 – 276. 2000.
- VASCONCELOS, M; DIEGUES, A. C.; DE SALES, R. **Aspectos relevantes relacionados à pesca artesanal costeira nacional.** In: COSTA, A. L. (Ed.) Nas redes da pesca artesanal costeira. Brasília, IBAMA. 2008.
- VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; ROSSIWONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; FIGUEIREDO, J. L. **Recursos pesqueiros compartilhados: bioecologia, manejo e aspectos aplicados no Brasil.** Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 33(2): p. 273-292, 2007.
- VIDAL M. F.; XIMENES L. F. **Produção de pescado na área de atuação do BNB - Banco do Nordeste.** Caderno Setorial ETENE. v. 91. 2019. 18 p.
- WALTERS, C. J.; MARTELL, S. J. D. **Fisheries Ecology and Management.** Princeton: Princeton University Press. 2004. 399 p.
- WOOTTON R. J. **Ecology of Teleost Fishes.** Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.1998.

# PESCA FANTASMA E SEUS IMPACTOS INVISÍVEIS NO NORDESTE DO BRASIL

16

Danielle de Lima VIANA<sup>1</sup>  
Sidney Marcelo Victor de ANDRADE<sup>1</sup>  
Jorge Eduardo LINS OLIVEIRA<sup>2</sup>  
Fábio Hissa Vieira HAZIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN



## 1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros e marinhos vêm sofrendo um preocupante processo de degradação, gerado pela crescente pressão sobre o espaço, os recursos naturais e pela capacidade limitada desses ecossistemas de absorverem os impactos resultantes. Um desses impactos é a pesca, uma das atividades mais antigas praticadas pelo homem e que representa uma importantíssima fonte de alimento, emprego e renda. Com o passar do tempo essa atividade foi se intensificando e se modernizando, com petrechos de pesca cada vez mais avançados para aumentar as capturas, a fim de atender as demandas oriundas do crescimento populacional. Esse aumento do esforço sobre os estoques pesqueiros para acompanhar o crescimento da demanda, resultou proporcionalmente em mais impactos, tanto diretos como indiretos, no meio ambiente (Pauly et al., 2002; FAO, 2020).

Classificados como um impacto indireto (Dayton et al., 1995), os aparelhos de pesca perdidos, abandonados ou descartados (APPAD), correspondente à sigla em inglês ALDFG- *Abandoned, Lost or Discarded Fishing Gear* (Macfadyen et al., 2009; Richardson et al., 2018) ou DFG- *Derelict Fishing Gear* (NOAA, 2015), são responsáveis pelo fenômeno denominado de pesca fantasma, termo utilizado para definir a mortalidade de organismos aquáticos causada por estes materiais que continuam com função ativa de

captura (Macfadyen et al., 2009; Smolowitz, 1978; Brown et al., 2005). É importante destacar que mesmo não estando mais sob o controle humano, os APPADs geram grandes prejuízos ecológicos e socioeconômicos, visto que diminuem a biomassa ecossistêmica a partir da mortalidade por pesca, sem gerar qualquer resultado positivo para a atividade pesqueira (Dayton et al., 1995). Estes resíduos podem impactar, diretamente, tanto vertebrados (elasmobrânquios, teleósteos, aves, mamíferos e répteis) quanto invertebrados marinhos (crustáceos e moluscos), que podem ser alvos da pesca ou compõem a fauna acompanhante da atividade (Adelir-Alves, 2016; Stelfox et al., 2015).

Um importante agravante dos impactos causados pelos APPADs é que a pesca fantasma é um processo cíclico e cumulativo, no qual organismos presos funcionam como iscas para outros organismos que são, assim, atraídos, podendo também se emaranhar e morrer. Este processo é contínuo até que o APPAD perca sua capacidade de pesca, a partir da degradação ou retirada do ambiente (Macfadyen et al., 2009). Esse tipo de detrito, portanto, pode trazer problemas ecológicos e socioeconômicos bastante graves, com impactos muitas vezes tão importantes quanto os causados pela introdução de espécies exóticas ou pela ingestão e consequente introdução de material sintético (plásticos) na cadeia trófica marinha, podendo gerar distúrbios severos em

uma teia alimentar, reduzindo a abundância de espécies menos resilientes e aumentando, conseqüentemente, o risco de extinção (WSPA, 2018). Além dos APPADs gerarem prejuízos econômicos diretos para quem perde ou descarta o aparelho de pesca, provocam também um grave ônus ambiental, ameaçando duplamente a sustentabilidade da atividade pesqueira, cujo objetivo é assegurar o desenvolvimento econômico e social sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazerem as suas próprias necessidades (Gilman, 2015). O diagnóstico e a mitigação dos impactos resultantes da pesca fantasma, porém, apresentam desafios logísticos e metodológicos importantes, razão pela qual poucos pesquisadores se interessam pelo tema.

APPADs são comuns a todos os tipos de pesca, e os frequentemente encontrados no mar são compostos por redes, linhas, anzóis, armadilhas, cabos, flutuadores de plástico, seguimentos de espinhel *longline*, dentre outros. Além de atuarem efetivamente na pesca fantasma, esses aparelhos perdidos ou descartados contribuem para o acúmulo do lixo e poluição marinha, já que a partir da decomposição desse material, essencialmente composto por diversos derivados de material plástico com origem nos polímeros derivado do petróleo (poliamidas, poliéster, náilon), ocorre a liberação de componentes químicos persistentes no ambiente marinho. Ocasionalmente também a proliferação do microplástico nos oceanos, que além de contaminar a água, acabam se acumulando nas cadeias alimentares marinhas, sendo eventualmente ingeridos pelas populações humanas e representando, portanto, uma ameaça que não se limita apenas aos ecossistemas marinhos. É importante ressaltar que a durabilidade dos materiais envolvidos na confecção de determinados petrechos de pesca pode ser extremamente longa. Linhas de náilon, por exemplo, podem durar séculos no ambiente, tornando-se um elemento de alto risco para a fauna marinha durante muito tempo.

## 2. PRINCIPAIS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DOS APPADs

A principal razão para o aumento do índice de perda, abandono ou descarte de aparelhos de pesca no mundo é, evidentemente, a intensificação da atividade pesqueira, motivada pelo aumento da demanda resultante do forte crescimento populacional, particularmente nas décadas recentes (Pauly et al., 2002; FAO, 2020). Além da explosão demográfica, o consumo relativo de pescado vem também aumentando, com crescimentos anuais desde 1950, intensificando, assim, a demanda por recursos pesqueiros. A pressão pelo aumento da produção de pescado no mundo, portanto, tanto pelo cultivo como pela pesca extrativa, cresceu substancialmente nos últimos 70 anos (FAO, 2014; 2018; 2020), resultando não apenas em um aumento significativo do esforço de pesca, mas em uma ampliação considerável das áreas marinhas exploradas e, conseqüentemente, na disseminação dos impactos resultantes dos APPADs.

De acordo com Macfadyen et al. (2009), as principais causas para a formação dos APPADs são o uso inadequado de petrechos, conflitos entre aparelhos de pesca, danos operacionais, alto custo relacionado ao descarte como a falta de estações de coleta, falta de espaço nas embarcações para depositar petrechos inutilizados, e dificuldades logísticas para recuperação de equipamentos perdidos. Para Laist (1995), os principais fatores que contribuem para a ocorrência de APPADs incluem clima adverso, danos a equipamentos, colisões entre embarcações, enroscamento de redes de pesca em recifes, naufrágios ou outros equipamentos de pesca, problemas operacionais, incluindo erro humano, e vandalismo. Baird (2006) inclui ainda a pesca ilegal ou não regulamentada.

Os aparelhos de pesca se tornam um APPAD quando o pescador perde o controle de sua operação (Smolowitz, 1978), o que pode acontecer tanto

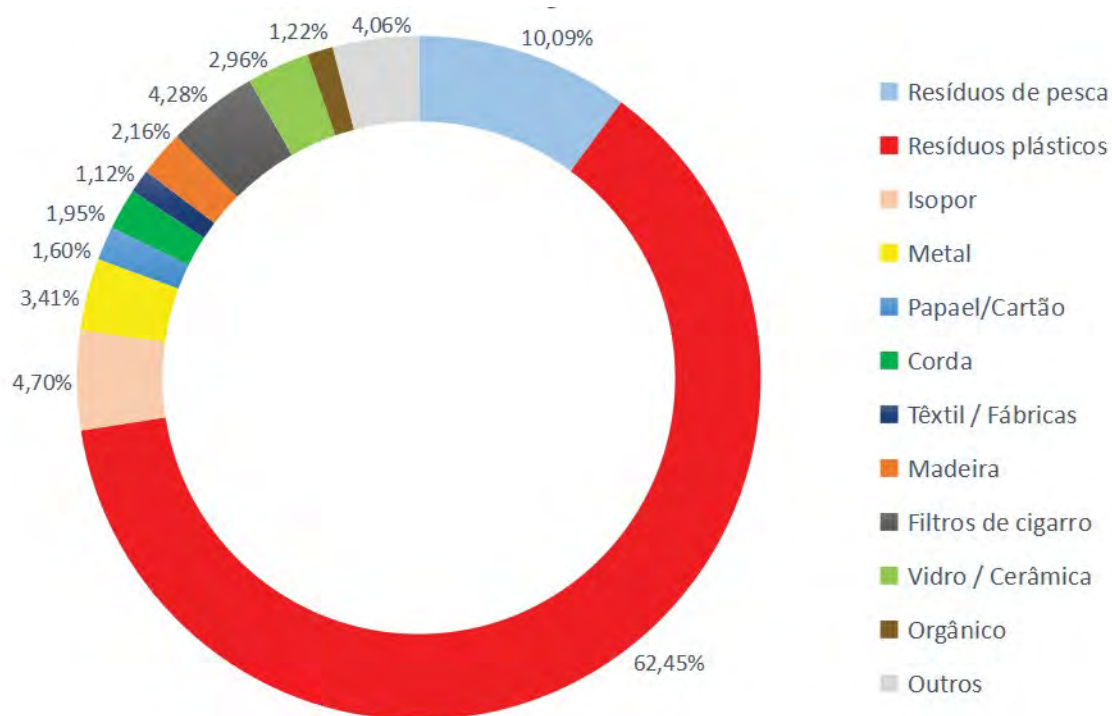


de forma intencional como não intencional, que vão desde problemas técnicos na embarcação e maquinário a bordo, a condições climáticas adversas, além do descarte, em consequência de ações de fiscalização quando do uso de aparelhos de pesca proibidos. Outros fatores de escala local podem ocasionar a formação de APPADs como, por exemplo, inexperiência do pescador, tempestades, com força excessiva de ventos e correntes marinhas, conflitos entre aparelhos e barcos de pesca, roubo e vandalismo, além da falta de instalações adequadas para o descarte em terra. Uma vez que o aparelho de pesca tenha sido perdido, a sua recuperação pode ser dificultada ou mesmo impedida pelo elevado custo da operação ou inexistência da tecnologia necessária, como, por exemplo, quando o aparelho é perdido em águas profundas (Gilman et al., 2016).

Atrrelado a esses fatores está a estreita relação entre os APPADs e a pesca ilegal, não regulada e não reportada (INN, ou IUU, do inglês *illegal,*

*unregulated and unreported*), visto que o índice de descarte ou abandono de aparelhos de pesca é muito maior nas embarcações que operam ilegalmente. Além disso, como muitas vezes as operações de pesca ilegais tendem a ocorrer no período noturno, o risco de acidentes e perdas do aparelho de pesca nesses casos também aumenta substancialmente (Au-Ibar, 2016).

Estimativas realizadas pelo *United Nations Environment Programme* (2015) indicaram que cerca de 640.000 toneladas de petrechos de pesca, distribuídos em redes, covos, espinhéis, linha de mão, anzol, varas, potes e outros, são jogados no mar anualmente, totalizando 10% de todo lixo marinho, com destaque para os resíduos plásticos, cuja participação atinge 62,4% (Fig. 16.1). De uma forma geral, os fatores que podem contribuir para a formação de APPAD são muito variados e foram organizados numa árvore sistemática por Richardson et al. (2018) (Fig. 16.2).



**Figura 16.1** Frequência relativa dos tipos de resíduos encontrados nos trabalhos publicados entre 2013 e 2019 calculados a partir da média ponderada dos estudos (565 publicações, 3.982 locais distribuídos mundialmente). **Fonte** Hahladakis (2020).

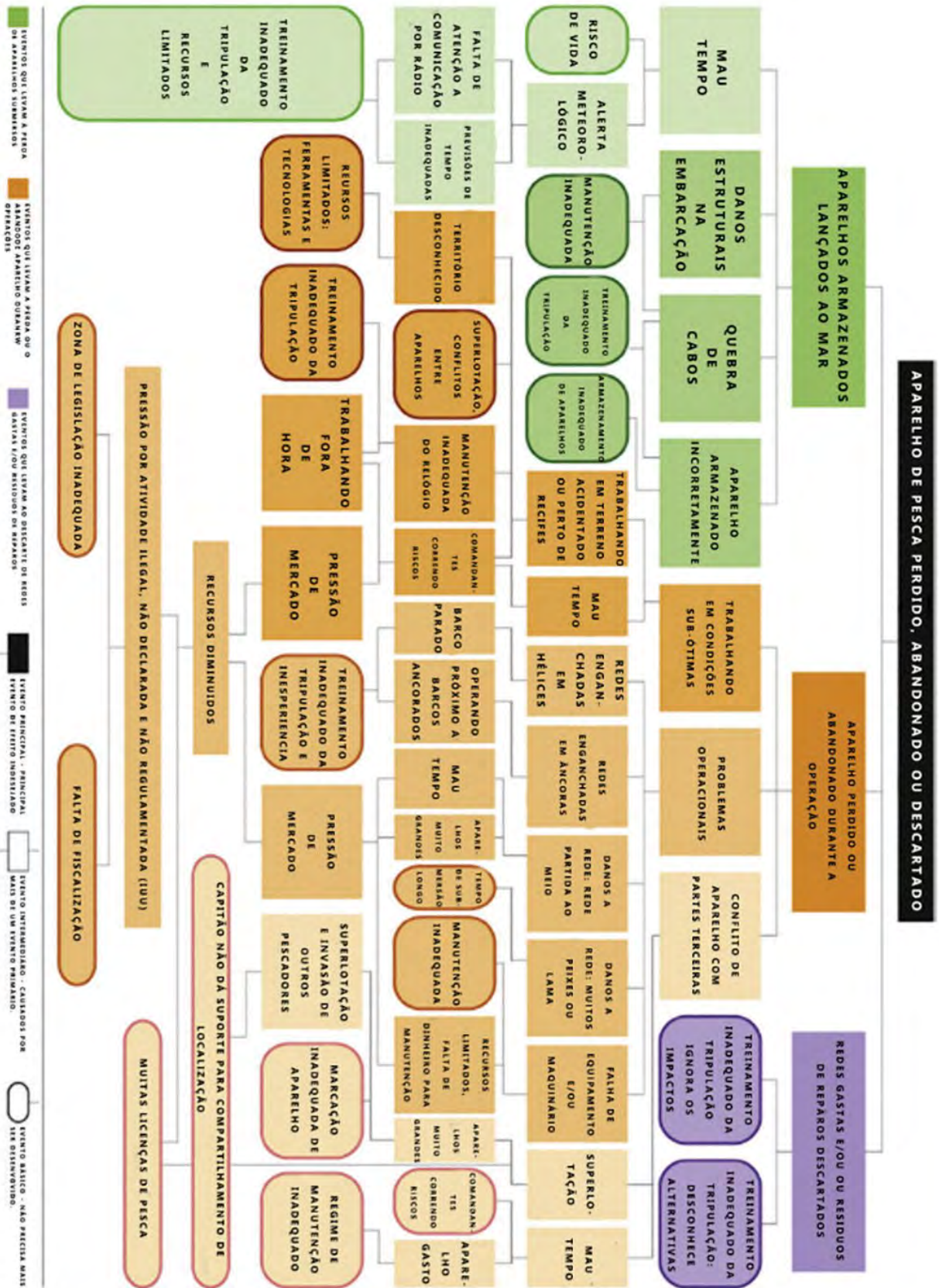


Figura 16.2. Árvore sistemática das causas de perda, abandono ou descarte de aparelhos de pesca. Fonte: Richardson et al. (2018).

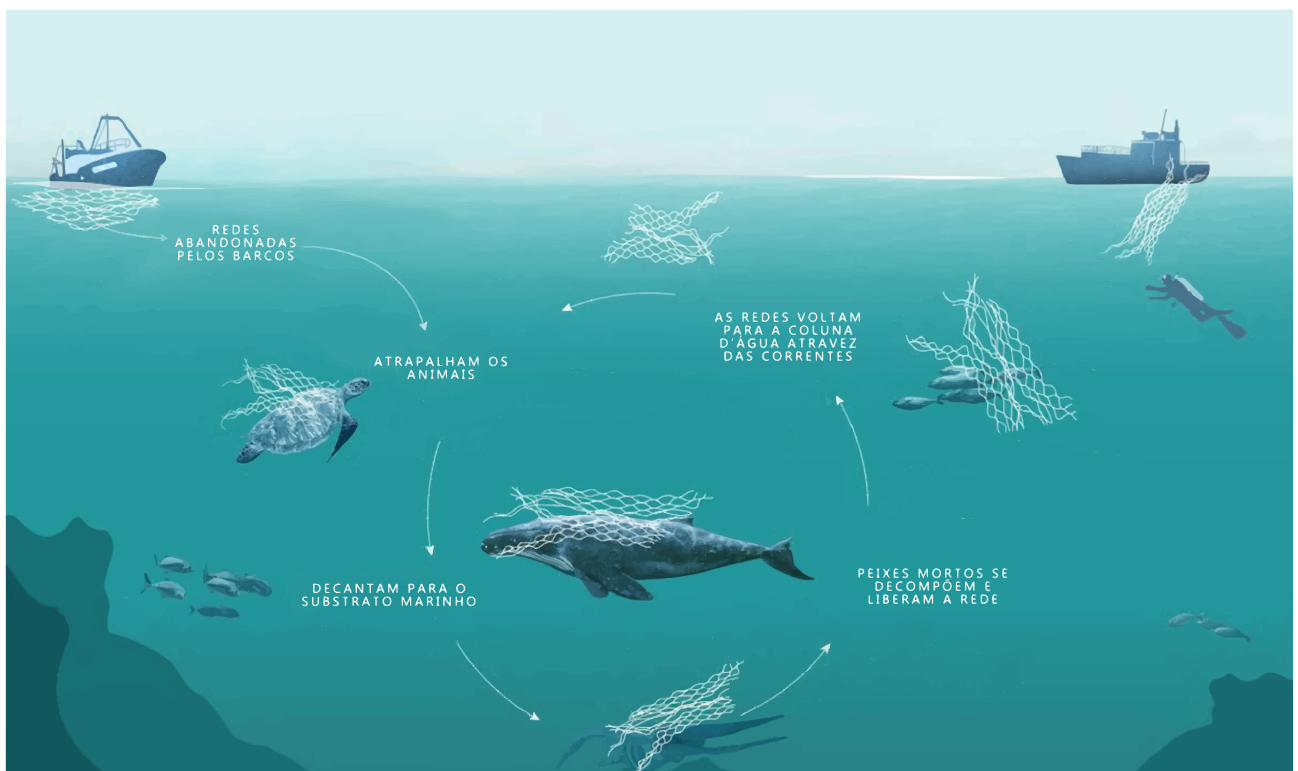
### 3. A PESCA FANTASMA

#### 3.1. No mundo

De acordo com Macfadyen et al. (2009), cerca de 10% das artes de pesca são perdidas durante as operações de pesca, de forma que APPADs são uma ocorrência inevitável onde quer que a pesca ocorra. Desde a década de 1980 a pesca fantasma é reconhecida como um problema global e uma séria ameaça aos ecossistemas marinhos e costeiros. Na verdade, desde o final dos anos 1940, a tecnologia pesqueira passou por mudanças importantes com relação ao formato, desenho e material de construção dos aparelhos de pesca. Neste período, apetrechos como redes, potes e covos mudaram de fios multifilamentosos biodegradáveis para fios monofilamentosos de polímeros derivados do petróleo, a fim de aumentar sua resistência e durabilidade (FAO, 1990; Gamba, 1994; Stelfox et al., 2016; Hennoen, 2016). Esta mudança, porém,

acarretou um tempo muito maior de degradação dos APPADs, aumentando, na mesma proporção, os efeitos deletérios da pesca fantasma, cujos impactos atualmente podem durar décadas (Fig. 16.3).

Os impactos gerados por APPADs alcançam as três vertentes do desenvolvimento sustentável: social, econômica e ambiental. Do ponto de vista econômico, além do prejuízo resultante da perda do aparelho de pesca e do tempo em que a embarcação fica impedida de pescar, em razão da necessidade de sua substituição, os APPADs reduzem a produtividade da pesca comercial, por competirem diretamente com os aparelhos de pesca em operação, reduzindo os estoques explorados (Sheavly & Register, 2007), apesar da captura resultante da pesca fantasma ser relativamente baixa quando comparada com os esforços da pesca comercial (Brown et al., 2005; Criddle et al., 2009). Por sua vez, a redução da produtividade e consequente rentabilidade da atividade pesqueira, implica graves consequências



**Figura 16.3** Ciclo da pesca fantasma a partir do abandono, perda ou descarte dos aparelhos de pesca. **Fonte** Ghost Diving Global Mission - [www.ghostdiving.org](http://www.ghostdiving.org).



sociais com redução dos ganhos oriundos da atividade, perda de emprego, rendimento e menor disponibilidade de alimento para o pescador e suas famílias, ameaçando a segurança alimentar e nutricional das comunidades pesqueiras. Do ponto de vista ambiental, além de agravarem a poluição por macro e micro plástico a pesca fantasma causa a mortalidade ou lesões graves na fauna marinha, redução de abundância das populações residentes e de espécies migratórias pouco resilientes, disfunção na cadeia trófica, e destruição de estruturas rígidas de habitats como os recifes de corais ou de arenito e ainda substratos rochosos, etc. Além de causarem a morte de uma grande variedade de organismos aquáticos, os APPADs podem ser letais, também, para seres humanos, com inúmeros relatos já registrados de mortes de surfistas e mergulhadores por emaranhamento em aparelhos de pesca abandonados.

Os impactos gerados diretamente à fauna marinha podem ser classificados de acordo com o apetrecho em questão, uma vez que a forma de captura varia de acordo com o tipo e desenho do aparelho de pesca (Fig. 16.4). É importante ressaltar que, na maioria dos casos, a pesca fantasma causa morte lenta e dolorida por afogamento ou fome, além de causar ferimentos, mutilações, infecções e lesões que interferem no comportamento, locomoção, e na capacidade dos animais evitarem predadores (Fig. 16.5), representando uma extensa e crescente ameaça sobre a vida selvagem e sobre a atividade econômica costeira (Goldberg, 1995).



Figura 16.4 Tipos de impactos causados a fauna marinha por diferentes tipos de aparelhos de pesca. Adaptado de World Animal Protection (2018).



**Figura 16.5** Animais marinhos feridos, aprisionados, afogados, mutilados e mortos por inanição, em consequência de APPADs. **Fotos 1)** Ramon Domingues ([www.ramondominguezphotography.com](http://www.ramondominguezphotography.com)); **2)** Dominick Martin; **3)** David Valencia e **4)** Fundacion Macuáticos Colômbia; **5)** Banco de Imagens da Fundação Projeto Tamar.

Em 2015 uma importante reunião com vários líderes e representantes mundiais buscou traçar metas para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcançassem paz e prosperidade. Esta conferência da ONU, que recebeu o nome de Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, resultou em 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Fig. 16.6). Todos os países participantes firmaram o compromisso de alcançar estas metas até 2030. Dois anos depois, em 2017, a Assembleia Geral das Nações Unidas proclamou a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021 – 2030) com foco principal no ODS 14 que tem como objetivo a “Conservação e uso dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável”, visando a conhecer, manejar e conservar os oceanos a partir de diversos métodos de trabalho eficientes e da gestão participativa (ONU, 2020; MCTI, 2019), alavancando, assim, sobremaneira, o entendimento sobre a importância do desenvolvimento de trabalhos científicos na área da poluição marinha e consequentemente da pesca fantasma.

Tendo em vista a preocupação com a sustentabilidade da atividade pesqueira e com a conservação dos oceanos, o número de estudos acerca da pesca fantasma vem crescendo com o passar dos anos. Os principais objetivos dos esforços de pesquisa envidados em anos recentes têm sido diagnosticar, caracterizar e dimensionar o problema dos APPADs e da pesca fantasma, de forma a subsidiar a construção de políticas e estratégias para a sua mitigação. Ainda assim, as informações atualmente disponíveis sobre a pesca fantasma no mundo são escassas quando comparadas a outros temas relacionados à poluição marinha, como o lixo plástico, por exemplo. Dois estudos que contribuíram bastante para chamar a atenção da comunidade internacional sobre o problema e, ao mesmo tempo, para jogar luz sobre os seus impactos, foram os relatórios sobre APPADs elaborados por Mascfadyen et al., (2009) e Gilman et al., (2016), compilando informações de extrema importância sobre a pesca fantasma, em uma escala global.



Figura 16.6 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) traçados pela agenda 2030. Fonte <http://www.itamaraty.gov.br/>.

### 3.2. No Brasil

O Brasil possui uma das mais extensas áreas costeiras do mundo, com 7.367 km em linha contínua e uma área total de 3,5 milhões de km<sup>2</sup> de Zona Econômica Exclusiva (ZEE) que apesar dessa dimensão, apresenta reduzido potencial pesqueiro quando comparada a países localizados na costa leste do Oceano Atlântico, em razão dos fenômenos de ressurgência costeira que ocorrem nessas regiões. Embora as águas que banham a costa brasileira sejam relativamente pobres, a pesca é uma atividade de grande importância socioeconômica para o país (MPA, 2012; Silva et al., 2014). Segundo o Registro Geral da Atividade Pesqueira (RGP), o Brasil possui cerca de um milhão de pescadores profissionais registrados, dos quais 99% são artesanais.

Esses números refletem o impacto que a pesca pode causar aos ambientes marinhos, uma vez que se trata de atividade essencialmente artesanal e, portanto sem equipamentos modernos, principalmente para a remoção dos APPADs. Razão pela qual é importante ressaltar que é recorrente nas operações da pesca artesanal o abandono, a perda ou o descarte intencional de equipamentos e petrechos de pesca, muitos dos quais irão continuar ativos (mesmo sem o controle do pescador), caracterizando a pesca fantasma. Apesar da importância dessa questão e da extensão espacial da costa brasileira, pouco tem sido publicado sobre essa problemática.

De acordo com Macfadyen et al. (2009), cerca de 10% das artes de pesca são perdidas durante as operações de pesca e, portanto, o APPAD é inevitável onde quer que a pesca ocorra. Desde a década de 1980 a pesca fantasma é reconhecida como um problema global e uma séria ameaça aos ecossistemas marinhos e costeiros. Segundo a FAO (2009), muitas discussões evidenciam a falta de informações, incentivando estudos sobre a extensão e natureza do problema e encorajando os seus países membros a adotarem estratégias para a redução dos impactos da pesca fantasma sobre o ambiente marinho.

Considerado um tema ainda bastante recente, os primeiros resultados científicos a respeito dos

impactos da pesca fantasma foram publicados a partir de 2009 (Link et al. 2019), estando concentrados nas regiões Sudeste e Sul (Chaves & Robert, 2009; Casarini et al., 2011; Fortuna et al, 2012; Santos et al., 2012; Gomes et al., 2014; Costa et al., 2015; Costa et al., 2015; Adelar-Alves, 2016; Link et al., 2019; Link et al., 2018). O primeiro relatório com estimativas dos impactos da pesca fantasma produzido no Brasil foi realizado pela *World Animal Protection*, ONG sediada em Londres, e divulgado em Dezembro/2018, trazendo dados alarmantes: globalmente 640.000 toneladas de equipamentos de pesca são abandonados, perdidos ou descartados nos oceanos a cada ano, os quais são responsáveis pelo aprisionamento e/ou mutilação de milhões de animais marinhos, incluindo espécies ameaçadas de extinção como baleias, focas, tartarugas, peixes e crustáceos (Fig. 16.5).

De acordo com o relatório da WSPA, no Brasil somente três estados, São Paulo, Santa Catarina e Rio de Janeiro, apresentam estudos científicos consistentes, com registros de remoção de petrechos fantasmas. De acordo com os resultados dessa pesquisa e de relatos de agências de mergulho e limpeza de praias, em pelo menos 70% do litoral brasileiro, há relatos de petrechos abandonados ou perdidos (WSPA, 2018). Para o Brasil a WSPA estimou ainda que diariamente cerca de meia tonelada de novas redes de pesca podem gerar petrechos fantasmas os quais podem impactar mais de 69 mil animais marinhos por dia, aprisionando-os e mutilando partes dos seus corpos como consequência desse aprisionamento e da tentativa de desvencilhar-se do petrecho.

A migração de fibras biodegradáveis para material sintético nos aparelhos de pesca brasileiros acompanhou a tendência mundial, com a mudança se iniciando na década de 1960 a partir do surgimento de duas fabricantes nacionais (Equipisca e Mazzaferro) que produziam apetrechos em polímeros derivados do petróleo para a pesca industrial, artesanal e recreativa, o que alavancou a pesca nacional rapidamente (Diegues, 1983; Link et al.,

2019). Os impactos desse desenvolvimento abrupto começaram a ser perceptíveis a partir da crise de 1980, quando o setor sofreu recessão econômica devido a intensa sobrepesca nos bancos de camarões e outros recursos pesqueiros pelágicos e demersais. Na tentativa de manter a atividade em crescimento, os esforços de pesca continuaram aumentando e, como resultado, gerando ainda mais resíduos provenientes da atividade pesqueira no ecossistema marinho (Link et al., 2019).

## 4. IMPACTOS GERADOS POR APPAD NO NORDESTE DO BRASIL

Na região Nordeste do Brasil, a pesca artesanal é responsável por 90% dos desembarques, contando com uma frota de 22 mil embarcações, a grande maioria de pequeno e médio porte (<12 m), normalmente construídas em madeira e possuindo como meio de propulsão velas e/ou motores (Salas et al., 2011). Os estudos desenvolvidos na região Nordeste estão distribuídos entre os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Ceará. Assim como a tendência mundial, a maioria deles tem como foco principal os resíduos sólidos marinhos (Araújo, 2003; Silva, 2006; Ferreira & Maida 2006; Ivar do Sul, 2008; Mascarenhas et al., 2008; Possato et al., 2011; Soares et al., 2011; Santos et al., 2012; Barbosa, 2013; Silva et al., 2014 e Sampaio & Pinto, 2015), sendo que apenas um desses estudos concentrou esforços para entender as interações de APPAD com a fauna insular, como nos casos do Arquipélago de Fernando de Noronha-PE e Atol das Rocas-RN (Santos et al., 2012).

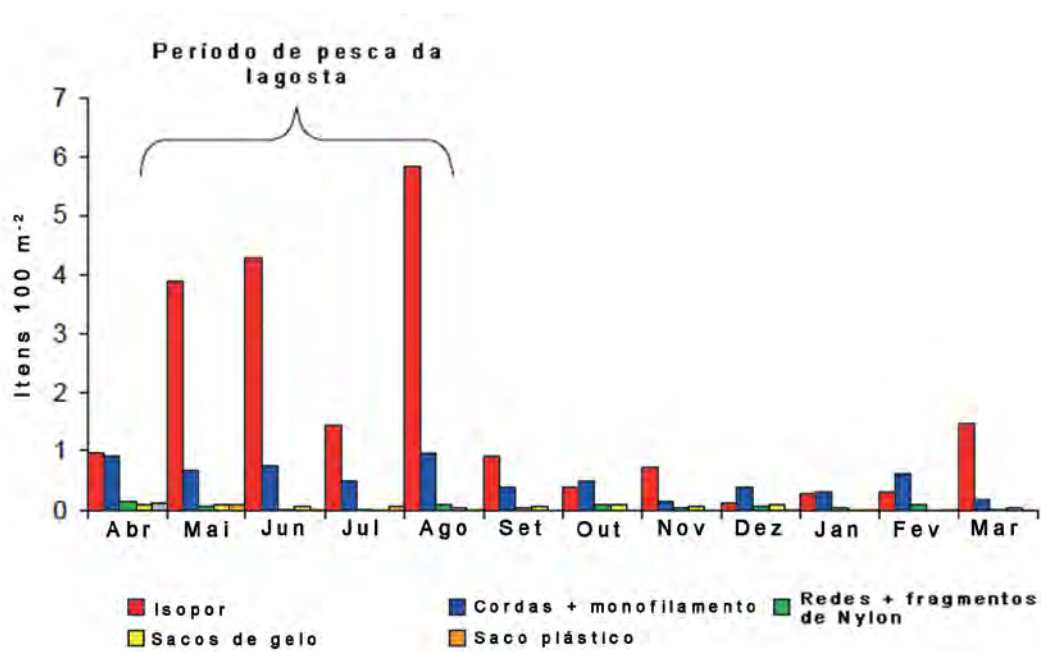
De acordo com os trabalhos publicados até o momento, no Nordeste do Brasil os APPADs representam cerca de 10% de todo o lixo marinho, seguindo uma tendência mundial, que varia entre 5% e 22,5%. Esta distribuição está fortemente relacionada às características ambientais, como a força dos ventos, inclinação da praia, formação geográfica e

geológica, ondas, marés e circulação marinha local, características que estão interconectadas e que atuam no padrão de circulação costeira, influenciando diretamente na incidência de APPADs nas praias. Além das características ambientais intrínsecas de uma determinada região, variações sazonais na atividade pesqueira, inclusive em consequência de medidas de ordenamento, podem alterar significativamente a incidência de APPADs e, conseqüentemente, na pesca fantasma. Um exemplo disso é o aumento na quantidade de APPADs encontrados no período de pesca da lagosta na costa nordestina, que vai de maio a agosto (Ivar do Sul, 2008), padrão que pode ajudar na adoção de medidas preventivas para que este comportamento seja mitigado na região (Fig. 16.7).

APPADs na costa Nordeste foram encontrados desde ecossistemas recifais e costões rochosos até a região do baixo São Francisco, em Alagoas, indicando a importância do entendimento adequado sobre os impactos da pesca fantasma, tanto em regiões marinhas, como em águas continentais e estuarinas. Outros ambientes onde a presença de APPADs já foi descrita incluem praias com alto fluxo de visitação em Pernambuco, regiões de desova de tartarugas marinhas no norte da Bahia e na Paraíba, no Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha- PE e na Reserva Biológica Atol das Rocas- RN, além de unidades de conservação com propósitos diversos, como a Reserva extrativista (RESEX) Acaú-Goiana-PE e a Área de Proteção Ambiental (APA) Costa dos Corais.

Na região do baixo São Francisco, em Alagoas, os APPADs foram encontrados apenas no Pontal do Peba, onde a pluma do rio possui menor influência, sendo provavelmente resultante da frota pesqueira essencialmente artesanal que atua no local (MMA, 2006). Apesar de registros mais frequentes de APPADs acontecerem na foz de rios, em praias e regiões marinhas oceânicas emersas e submersas, não significa que os impactos gerados pelos resíduos da pesca não sejam observados em águas continentais. Em estudos realizados no estuário do Rio Goiana, por exemplo, região inserida na Reserva Extrativista Acaú-Goiana, observou-se a

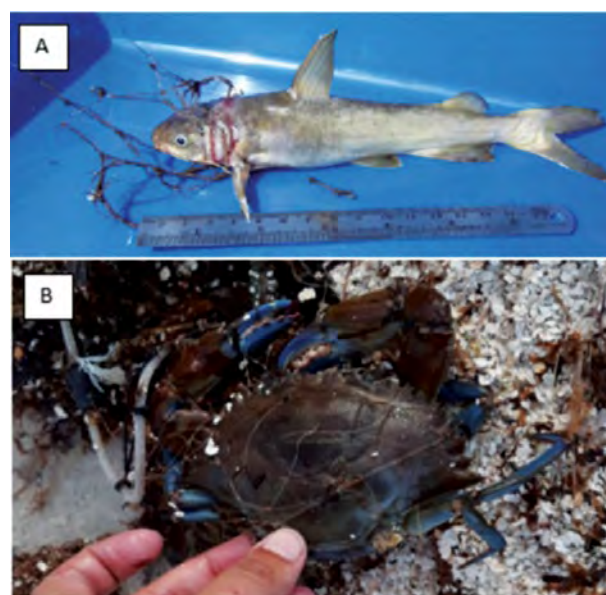




**Figura 16.7** Distribuição mensal dos resíduos sólidos encontrados na RESEX Acaú – Goiana entre Abril de 2006 e março de 2007, no qual a abundância no período de pesca da lagosta é significativamente maior quando comparada a outros meses. **Fonte** Ivar do Sul (2008).

ingestão de fios de náilon (poliamida) de cor azul, frequentemente utilizado pela frota pesqueira como cabo para amarração, por 23% dos bagres das espécies *Cathorops spixii*, *Cathorops agassizii* e *Sciades herzbergii*; em 7,9% dos indivíduos de *Stellifer brasiliensis*; e em 6,9% dos representantes de *Stellifer stellifer* (Dantas et al., 2011; Possatto et al., 2011). Além disso, foi registrada, também, a ocorrência de pesca fantasma no mesmo estuário e regiões adjacentes, tanto de bagres quanto de crustáceos capturados por redes (Fig. 16.8) (Possatto et al., 2011).

Ainda na Resex Acaú-Goiana e em levantamentos realizados no litoral sul do estado de Pernambuco, na Baía de Tamandaré, e na praia de Boa Viagem, em Recife, foram observados padrões similares na distribuição, quantidade e tipo de APPAD, apesar da distância e diferenças entre as áreas avaliadas. Os principais resíduos encontrados nessas regiões foram cabos, redes, linhas, boias, isopor e *light sticks*, este último consistindo de material plástico de formato cilíndrico com um mistura química luminescente em seu interior, utilizado na pesca para atração de



**Figura 16.8** Representantes da fauna marinha e estuarina acometida por pesca fantasma na RESEX Acaú-Goiana, litoral norte de Pernambuco e sul da Paraíba, Nordeste do Brasil. **Fotos A)** Possatto, et al. (2011); **B)** Sidney Andrade.

peixes e moluscos (Araújo, 2003). Outra característica comum a essas áreas é que o registro dos resíduos foram mais frequentes no período chuvoso (Fig. 16.9), fato que pode ser explicado pelo grande aporte de água e maior alcance da pluma dos rios, bem como pela intensificação dos ventos alísios de sudeste neste período do ano na região Nordeste.

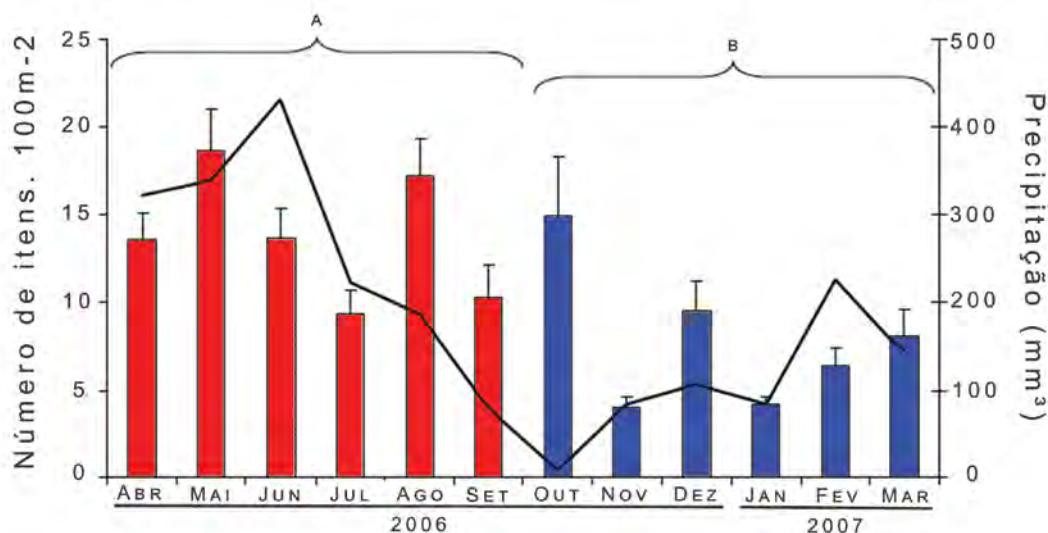
Esta distribuição de APPADs, bem como de outros resíduos poluentes em praias da região podem impactar significativamente animais que se utilizam desses habitats para diversas funções, como é o caso das tartarugas marinhas que utilizam da faixa de areia para construção de ninho e deposição de ovos. A presença de APPADs nessas áreas, portanto, podem resultar no aprisionamento da mãe e dos seus filhotes, ainda na areia, em fragmentos de redes ou outros resíduos, levando-os a morte por fadiga, desidratação ou predação (Claereboudt, 2004; Mascarenhas et al., 2008).

Ainda no que se refere às tartarugas marinhas, Santos et al. (2012), em estudo realizado no Atol das Rocas e no Arquipélago de Fernando de Noronha, registraram 20 casos de pesca fantasma envolvendo tartarugas-oliva (*Lepidochelys olivacea*), dos quais 90% foram reportados entre 2005 e 2011, período que foi

correlacionado com o crescimento da atividade pesqueira nos locais avaliados, mesmo sendo o Atol das Rocas uma Reserva Biológica onde esse tipo de atividade não é permitido.

A acumulação de resíduos sólidos foi observada, também, em costões rochosos da Baía de Todos os Santos-BA, com o seu tipo e quantidade variando de acordo com as diferentes frequências de público. Costões rochosos com menor visitação são locais de maior importância pesqueira, com os APPADs, conseqüentemente, se destacando entre os resíduos sólidos encontrados nesses locais, como partes de redes e linhas de náilon, inclusive sobre ramificações de colônias do hidrocoral *Millepora* spp. (Carvalho-Souza & Tinôco, 2011).

Na plataforma continental de Pernambuco, a ocorrência de APPADs em recifes artificiais (naufrágios provocados) foi registrada em várias ocasiões durante a realização de uma pesquisa sobre a colonização ictiofaunística dos naufrágios (Fig. 16.10). Esse é um indicativo do desenvolvimento de pesca nesses ecossistemas, conhecidos pela agregação de organismos marinhos de diversas espécies, apesar de essa prática ser proibida nesses locais, por força do Decreto Estadual nº 23.394, de 2001.



**Figura 16.9** Distribuição mensal de resíduos sólidos totais registrados no litoral norte de Pernambuco - Brasil.

**A)** período chuvoso; **B)** período seco. **Fonte** Ivar do Sul (2008).



**Figura 16.10** APPADs registrados no litoral do estado de Pernambuco. **Fotos** Alessandra Fischer (2008).

## 5. SÍNTESE DA LEGISLAÇÃO APLICADA AOS APPADs

Com o intuito de se reduzir os impactos gerados por resíduos lançados ao mar, entre os anos 1950 e 1960 teve início um movimento internacional voltado para a criação de medidas de manejo, leis e normas para mitigar a poluição marinha. A Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição do Mar por Óleo, por exemplo, de 1954 (OILPOL 54), teve como finalidade minimizar os impactos gerados pelo descarte de óleo pelos navios, incluindo a recomendação para a construção de instalações portuárias adequadas para o recebimento destes resíduos (IMO, 1999). Apesar de não ter atingido o seu objetivo plenamente, esta medida serviu como modelo para futuras estratégias, como a Convenção de 1973 e o Protocolo de 1978 denominado MARPOL 73/78, que foi desenvolvido pela *International Maritime Organization* (IMO/FAO) com o intuito de alcançar o máximo de redução de impactos resultantes do descarte de óleo de navios e outros resíduos prejudiciais para o meio ambiente marinho,

substituindo a OILPOL 54. A MARPOL é dividida em seis anexos (Tab. 16.1) e mais três emendas de protocolos, de 1978, 1997 e 2013 (IMO, 1973, CCA-IMO, acesso 21/10/2020).

**Tabela 16.1** Anexos da MARPOL.

Anexos	Tipos de resíduos
Anexo I	Óleos
Anexo II	Substâncias líquidas nocivas transportadas por mar a granel
Anexo III	Substâncias danosas transportadas por mar em forma de embalagens
Anexo IV	Águas residuais
Anexo V	Lixo
Anexo VI	Ar (sistema de climatização de navios)

Os APPADs estão englobados no Anexo V da MARPOL que proíbe completamente o descarte de alguns tipos de lixo, como o lixo plástico, que engloba as redes de pesca sintéticas (Regulamento 3 da MARPOL 73/78 Anexo V). Outros tipos de resíduos podem ser descartados seguindo

protocolos específicos e em áreas designadas (Fig. 16.11). Para o caso de disponibilidade de instalações e descarte apropriados em áreas próximas, os requisitos para descarte desses resíduos se tornam ainda mais rigorosos (Regulamento 5 da MARPOL 73/78 Anexo V). O Anexo V foi construído para englobar todos os tipos de embarcações, independentemente do tamanho. Como redigido no regulamento 2, o regulamento 9 por exemplo, exige que embarcações com 400 toneladas de arqueação bruta ou mais, relatem os casos de descarte, abandono ou perda dos aparelhos de pesca e de outros resíduos sólidos de forma detalhada.



**Figura 16.11** Regras de descarte de resíduos de navios indicadas no Anexo V da MARPOL. **Fonte** Macfadyen et al. (2009).

Apesar da rigidez apresentada no Anexo V da MARPOL, o seu regulamento 6 traz exceções quando da perda, descarte ou abandono de resíduos sólidos e, conseqüentemente, também dos APPADs:

- 1) Quando o lançamento de resíduos ao mar é feito por necessidade para garantir a segurança do operador e/ou da tripulação a bordo, bem como para salvar vidas humanas no mar;
- 2) Quando o descarte acontece devido a uma avaria no navio ou seus equipamentos desde que antes e depois do problema tenham sido tomadas medidas que possam diminuir ou evitar o impacto;

- 3) Quando ocorre a perda acidental de redes sintéticas de pesca.

Além da convenção da MARPOL 73/78, uma série de outras resoluções foram adotadas para evitar os impactos causados por APPADs, tanto por organizações internacionais, como por legislações regionais ou mesmo nacionais/locais. Várias resoluções da Assembleia Geral das Nações Unidas (UNGA) direcionaram a sua atenção para o manejo dos aparelhos de pesca perdidos abandonados ou descartados no mar, tais como a Resolução A/RES/74/18 (Assembleia Geral das Nações Unidas, 2019):

- > “Reconhece ainda que as **artes de pesca abandonadas, perdidas ou descartadas**, incluindo artes de pesca fantasma, são uma forma cada vez mais difundida e destrutiva de detritos marinhos, causando impactos adversos nos estoques de peixes, na vida marinha e no ambiente marinho e que é necessária uma ação preventiva urgente, como a marcação das artes de pesca proposta pelo Comitê de Pesca da FAO, bem como as medidas de remoção”;
- > “Incita os estados, as organizações e acordos regionais e sub-regionais de ordenamento pesqueiro e outras organizações internacionais relevantes, que ainda não o tenham feito, a adotar medidas, tendo em conta os interesses dos estados costeiros em desenvolvimento e, conforme o caso, das comunidades de pesca de subsistência, para minimizar as capturas da fauna acompanhante, bem como para reduzir ou eliminar as capturas por **artes de pesca perdidas ou abandonadas**, descartes de peixes e perdas pós captura, incluindo peixes juvenis, em conformidade com a legislação internacional e instrumentos internacionais relevantes (...).”;
- > “Convida os estados, quer individualmente, coletivamente ou através de organizações e acordos regionais de ordenamento pesqueiros, a continuar a estudar, desenvolver e adotar medidas de gestão eficazes e divulgar

*informações a esse respeito, tendo em conta as melhores informações científicas disponíveis, sobre métodos de pesca e tipos de artes de pesca para minimizar a mortalidade e outros danos causados por **artes de pesca abandonadas, perdidas ou descartadas**”;*

- > *“Reconhece os graves impactos ambientais, bem como econômicos e sociais sobre o meio ambiente marinho causados por **artes de pesca abandonadas, perdidas ou descartadas**, e incentiva os estados e as organizações e acordos regionais de ordenamento pesqueiro, conforme apropriado, a tomar medidas para reduzir tais impactos, tomando nota das recomendações do relatório de 2009 do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e da Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas”;*
- > *“Reafirma a importância que atribui aos parágrafos 77 a 81 da resolução 60/31 de 29 de novembro de 2005 sobre as **artes de pesca perdidas, abandonadas ou descartadas** e detritos marinhos relacionados e os impactos adversos que esses detritos e artes de pesca abandonadas têm sobre, entre outros, estoques de peixes, habitats e outras espécies marinhas a um progresso acelerado por parte dos estados e organizações regionais de ordenamento pesqueiro e acordos na implementação desses parágrafos da resolução”;*
- > *“Recorda, a este respeito, a aprovação pelo Comitê de Pesca da FAO, na sua trigésima terceira sessão, das Diretrizes Voluntárias sobre a Marcação das Artes de Pesca, e recorda ainda que o Comitê acolheu favoravelmente as recomendações da Consulta Técnica sobre a Marcação dos Aparelhos de Pesca; preparou e apoiou o desenvolvimento de uma estratégia global abrangente para resolver questões relacionadas com **artes de pesca abandonadas, perdidas ou de outra forma descartadas** e para apoiar a implementação das Diretrizes”.*

A partir das resoluções propostas pela UNGA e com o apoio do Comitê de Proteção ao Meio Ambiente Marinho da IMO (MPEC), o Anexo V da MARPOL vem sendo atualizado e revisto para otimizar suas regras vigentes desde o início dos anos 2000, a exemplo das sugestões propostas em 2008 sobre a gestão dos resíduos da pesca, trazendo mais clareza e complementando as diretrizes já existentes:

- > Definir “precauções razoáveis” para exceção no Regulamento 9 (2);
- > Alterar o Anexo V para aplicar os requisitos de manutenção de registros no Regulamento 9 (2) e 9 (3) para embarcações de pesca menores;
- > Alterar o Anexo V para incluir requisitos de marcação de artes;
- > Alterar as diretrizes para enfatizar a aplicação do Anexo V às embarcações de pesca;
- > Alterar as diretrizes para incentivar os estados a aplicarem as disposições do Anexo V- voluntariamente aos barcos de pesca menores; ou
- > Não fazer nenhuma mudança nas disposições, uma vez que as regras de pesca são administradas por Organizações Regionais de Ordenamento Pesqueiro (OROPs).

Além das medidas adotadas por órgãos internacionais já descritas, a FAO propôs mais duas iniciativas importantes para a redução e mitigação dos APPADs no mundo, sendo a primeira delas a própria publicação do Código de Conduta para a Pesca Responsável (CCRF) (FAO, 1995), que tem como intuito promover e incentivar a pesca responsável e encorajar outros órgãos regionais e sub-regionais a debater questões sobre os impactos da pesca no ambiente marinho; e a segunda iniciativa sobre medidas de combate à pesca ilegal, não declarada e não regulamentada. Algumas das medidas tomadas por esta segunda iniciativa foi a inspeção das artes de pesca nos portos, com a exigência de que as artes de pesca sejam identificadas com o nome da embarcação a que pertence (Macfadyen et al., 2009).

## 6. MEDIDAS DE MITIGAÇÃO DA PESCA FANTASMA

Gilman et al. (2016), fez um grande levantamento de métodos que podem ser utilizados para se estimar alguns aspectos da pesca fantasma, tais como a taxa de perda, abandono e descarte de aparelhos de pesca, densidade de APPADs, mortalidade, duração e eficiência resultantes da pesca fantasma, alertando a comunidade científica para a pequena disponibilidade de pesquisas existentes até aquele momento no mundo. As medidas de mitigação foram divididas em duas principais vertentes com 17 itens, 12 dos quais voltados à prevenção de impactos e 5 para a remediação do problema dos APPADs.

### 6.1. Métodos de prevenção

#### 6.1.1. Sistemas de marcação de aparelhos de pesca para identificar o proprietário e aumentar a sua visibilidade, com adoção de um padrão regional ou global

A marcação dos aparelhos de pesca faz com que as autoridades consigam identificar o seu proprietário, bem como, localizar os equipamentos perdidos de forma mais fácil e rápida, o que pode fazer com que o abandono e o descarte desses aparelhos sejam evitados, incentivando a própria embarcação a reportar incidentes de formação de APPADs. Além disso, o aumento de visibilidade e facilidade de localização desses aparelhos pode evitar incidentes com a navegação.

#### 6.1.2. Tecnologia para evitar que o equipamento entre em contato com o substrato

A probabilidade de formação de APPAD pode ser reduzida a partir de tecnologias como o mapeamento do assoalho marinho e pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS) para evitar o contato não intencional do aparelho de pesca com o assoalho.

#### 6.1.3. Tecnologia para rastrear a posição de aparelhos

Aparelhos como refletores de radares e boias a rádio podem facilitar a localização dos aparelhos de pesca

submersos, evitando que incidentes entre diferentes apetrechos e outras embarcações aconteçam.

#### 6.1.4. Tecnologia de pesca para reduzir a incidência de perda de aparelhos

Mudanças nos desenhos dos aparelhos e no material utilizado para sua construção podem facilitar a recuperação e evitar a perda desses apetrechos.

#### 6.1.5. Controle de acesso aos recursos pesqueiros, incluindo limite de tempo de imersão dos aparelhos de pesca

O controle de acesso aos recursos pesqueiros pode ser alcançado pela limitação do esforço de pesca empregado por cada embarcação, o qual pode ser expresso em número de pescadores, quantidade de embarcações, tipo de apetrecho, número e tamanho de malha, área com permissão de pesca, quantidade de aparelhos de pesca utilizados, profundidade de pesca, cotas e tempo de imersão.

#### 6.1.6. Observações constantes ou periódicas de apetrechos de pesca passivos

O monitoramento constante ou periódico dos aparelhos de pesca pode reduzir a probabilidade de perda, já que a sua recuperação poderá ser instantânea em caso de dificuldades. Além disso, animais não alvos de captura, podem ser salvos caso sejam pescados por esses aparelhos.

#### 6.1.7. Restrições espaciais e temporais de pesca

Proibição temporária e /ou espacial da pesca em determinadas áreas que utilizam aparelhos de pesca tanto passivos como ativos, para evitar conflitos entre apetrechos (por exemplo, equipamento passivo sendo rebocado por equipamento ativo), além de evitar a pesca em áreas onde há uma alta probabilidade de formação de APPAD. Alguns órgãos e acordos intergovernamentais têm adotado medidas proibindo o uso de redes de emalhar e outras artes em algumas áreas e em alguns casos, com o propósito explícito de evitar a pesca fantasma.

#### 6.1.8. Medidas para impedir a pesca INN (IUU)

Medidas efetivas para evitar a pesca ilegal, não

declarada e não regulamentada (INN) podem reduzir os abandonos de equipamento.

### 6.1.9. Proibição do abandono e descarte intencional de apetrechos de pesca no mar

A proibição de descartes intencionais e do abandono de artes de pesca no mar, em conformidade com a regulamentação 3 do Anexo V da MARPOL, pode ser eficaz se os sistemas de vigilância e controle forem eficazes.

### 6.1.10. Incentivos e desincentivos econômicos

Incentivos econômicos para reduzir a incidência de APPADs incluem a criação de depósitos obrigatórios de equipamentos novos e /ou devolvidos, quando os aparelhos não desejados são entregues a uma instalação portuária adequada, sem subsidiar os custos aos pescadores para substituir este petrecho. O desincentivo poderia acontecer, cedendo recursos suficientes para um monitoramento eficiente e gerar penalidades financeiramente onerosas.

### 6.1.11. Instalações portuárias para recepção de apetrechos indesejados

Fornecer instalações portuárias preparadas para receber equipamentos de pesca inaptos para uso, reduzindo assim, o seu descarte ou abandono no mar.

### 6.1.12. Treinamento de novos participantes

Oferecer oportunidades de treinamento para novos pescadores sobre a probabilidade de perda de aparelhos de pesca. Esta medida pode aumentar a capacidade do comandante em empregar melhores projetos e métodos de pesca, minimizar a probabilidade de perda de apetrechos e aumentar sua capacidade de recuperar equipamentos perdidos ou abandonados.

## 6.2. Métodos de remediação

### 6.2.1. Instalações portuárias de recepção e reciclagem de APPAD

Além de reduzir o descarte de antigas artes de pesca no mar, as instalações portuárias de recepção e reciclagem de APPADs podem incentivar o registro, a recuperação e a entrega de equipamentos de

pesca que não se encontram mais aptos para o uso. Além disso, as autoridades de gestão podem criar protocolos de reportes e desenvolver incentivos para as embarcações de pesca recuperarem equipamentos abandonados no mar quando estes se emaranharem nas suas hélices ou artes de pesca, por exemplo. Vários programas de recepção de APPADs oferecem oportunidades de reutilização pela indústria pesqueira, para reciclagem e conversão em energia. O Programa Pesca para a Energia da *National Fish and Wildlife Foundation*, por exemplo, estabeleceu instalações de recepção portuária de artes de pesca antigas, aposentadas e abandonadas, reciclando metais e transformando materiais não recicláveis em energia, além de apoiar programas de remoção.

### 6.2.2. Detecção e remoção de APPAD

Alguns acordos internacionais exigem que embarcações de pesca disponham de equipamentos para a recuperação de APPADs a bordo e que os comandantes tentem fazer a recuperação tanto de seus próprios APPADs quanto de terceiros que forem encontrados no oceano, relatando ainda sobre a impossibilidade de sua recuperação, se for o caso, sem gerar penalidades, estimulando, assim, o engajamento, a participação e a cooperação dos pescadores para o manejo e a recuperação de aparelhos de pesca perdidos, abandonados ou descartados no mar. Além disso, alguns organismos internacionais incentivam fortemente a realização de pesquisas periódicas em áreas de atividade pesqueira com a finalidade de melhorar o manejo de resíduos. Os mecanismos de procura por APPAD incluem vigilância aérea, sonar de varredura lateral, veículos operados remotamente (ROVs) e monitoramento por mergulhadores. Em águas rasas esta procura pode ser realizada a partir de *lift bags*, guinchos em navios e coleta por mergulho autônomo ou com atividades de *snorkel*. Já em águas profundas os APPAD podem ser recuperados por dragagem, por ganchos projetados para prender ou agarrar, podem ser emalhados e resgatados por redes e outros aparelhos de pesca, bem como por veículos submarinos operados remotamente (ROVs), além de poderem, ainda, ser removidos por mergulhadores.

### 6.2.3. Desativação da pesca fantasma causada por APPADs

Alguns programas de prevenção da pesca fantasma usam periodicamente uma rede de arrasto ou outra arte de pesca para varrer áreas de pesca com substrato de baixo relevo impactado com APPAD, a fim de remover ou causar danos à equipamentos abandonados, o suficiente para interromper sua eficiência de pesca fantasma.

### 6.2.4. Tecnologia de apetrechos projetados para mitigação de captura de fauna acompanhante aumentando a sua seletividade e reduzindo a pesca fantasma causada por APPADs

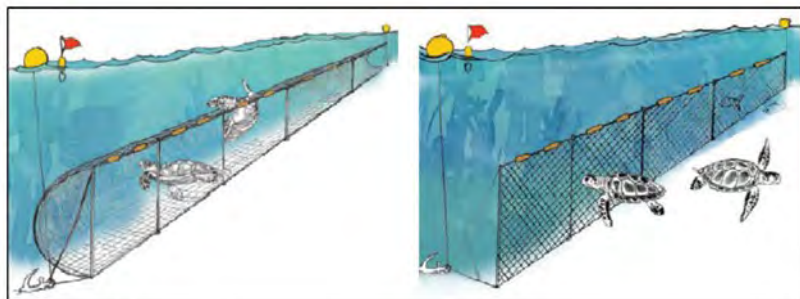
Modificações nos aparelhos de pesca para reduzir captura de fauna acompanhante também podem reduzir os índices de pesca fantasma. Diminuir o tamanho da malha e o perfil de redes de emalhar (altura vertical), eliminar ou reduzir o comprimento das amarras e inserir dispositivos de escape são algumas das estratégias utilizadas na redução da captura de tartarugas o que, conseqüentemente, diminui a mortalidade por pesca fantasma desses animais (Fig. 16.12). Aumentar o diâmetro do filamento da rede de emalhar, modificar o tipo de filamento utilizado, usar flutuadores maiores no cabo superior e pesos mais pesados ou núcleo de chumbo no cabo inferior também podem tornar a rede mais rígida, reduzindo a probabilidade de emaranhar animais de grande porte. Além disso, instalar redes de emalhe 2 m abaixo da lâmina d'água e utilizar redes com melhor visibilidade em sua parte superior são estratégias que também podem reduzir as taxas de captura de aves marinhas. Tornar as redes mais visíveis, como a cor da rede, o diâmetro mais espesso do filamento e a colocação de marcadores visuais

dentro da rede, não só reduz as taxas de captura acessória de mamíferos marinhos e tartarugas, mas também reduz as taxas de captura de outras espécies ameaçadas.

Anexar materiais como cabos de poliéster e correntes nas redes de pesca e utilizar redes de náilon com compostos metálicos, como sulfato de bário e óxido de ferro, podem reduzir as capturas de cetáceos. Isso pode ocorrer porque os materiais aumentam a refletividade acústica, aumentam a visibilidade da rede e aumentam a rigidez do fio. Também podem ser usadas marcas e alarmes acústicos para reduzir as capturas de mamíferos marinhos em redes de emalhar e outros equipamentos de pesca. Além disso, redes iluminadas com cabos químicos ou operados por bateria podem reduzir a captura de tartarugas e outros táxons vulneráveis.

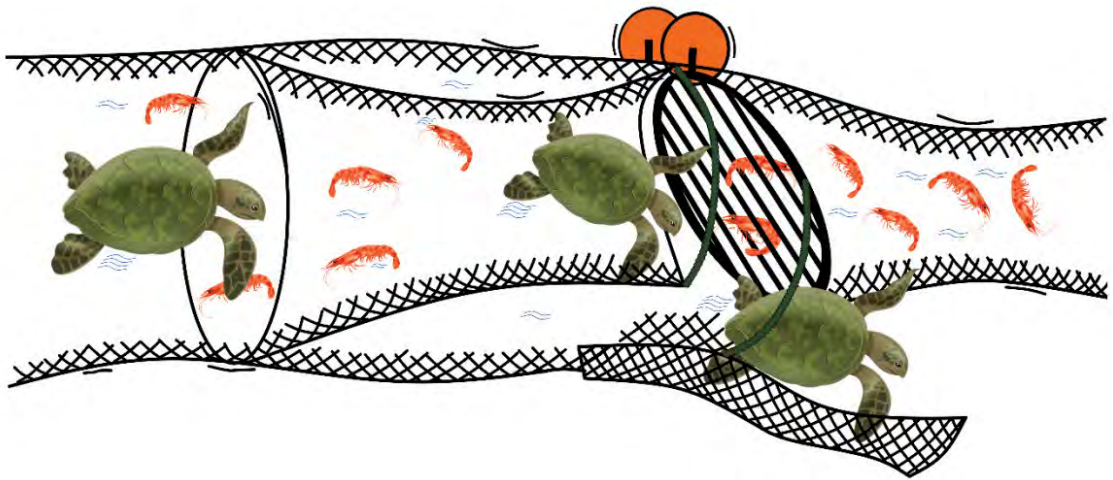
### 6.2.5. Equipamentos menos duráveis e degradáveis, reduzindo a duração da pesca fantasma

O uso de materiais com menor resistência pode facilitar a ruptura do fio, permitindo que organismos grandes se soltem da armadilha, reduzindo a mortalidade por pesca fantasma. A tecnologia dos apetrechos, neste caso, é desenvolvida para reduzir a duração do poder de pesca das artes abandonadas por meio de tecnologias que utilizam materiais biodegradáveis. Além disso, mecanismos de fuga também construídos em materiais biodegradáveis em alguns tipos de armadilhas, como os Dispositivos de Escape de Tartaruga (TED) (Fig. 16.13), podem cumprir o mesmo papel. Um outro exemplo é a confecção de apetrechos de pesca construídos em materiais sintéticos, que podem ser decompostos pela microbiota e pela luz ultravioleta.



**Figura 16.12** Rede de espera demersal convencional (esquerda) e rede de espera sem amarras, evita a captura de tartarugas (direita). Adaptado de FAO (2016).





**Figura 16.13** Esquema do dispositivo de exclusão de tartarugas (TED). **Ilustração** Gianfrancisco Schork. **Fonte** <http://collierseagrant.blogspot.ca/2011/10/gear-profile-turtle-excluder-devices.html>. **Recursos gráficos** [www.freepik.com](http://www.freepik.com)

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em linhas gerais, a pesca fantasma gerada por APPADs tem efeito cíclico e deletério que pode atuar por décadas, causando ferimentos graves ou mortalidade a animais marinhos que não são alvo da pesca e impactando negativamente as atividades econômicas relacionadas ao mar, como a navegação. Apesar do pequeno número de estudos relacionados à pesca fantasma no Brasil e no mundo, alguns trabalhos realizados na região Nordeste tem permitido a identificação de padrões de distribuição, quantidades e características dos APPADs mais comuns nessa região. Do mesmo modo, trabalhos voltados para a conservação do ambiente marinho realizados na mesma região têm contribuído para se identificar os impactos gerados pela atividade em áreas altamente urbanizadas, em unidades de conservação, em praias com áreas de atividades restritas e em outros ecossistemas costeiros e de águas continentais, como rios, estuários e regiões insulares, trazendo à luz informações ainda desconhecidas sobre o “comportamento” dos APPADs.

As informações geradas, porém, somente terão utilidade se contribuírem para uma implementação mais efetiva das medidas de prevenção e remediação, como aquelas recomendadas pela FAO,

por exemplo. As pesquisas futuras sobre a pesca fantasma, portanto, além de focar nas interações negativas entre os APPAD e a biodiversidade marinha, gerando informações quali-quantitativas extremamente valiosas para uma compreensão mais adequada do processo de pesca fantasma, deve buscar o desenvolvimento de meios mais efetivos para minimizar os seus impactos, com vistas a subsidiar a elaboração de políticas públicas destinadas à assegurar o uso sustentável dos recursos pesqueiros e a conservação do ecossistema marinho.

## REFERÊNCIAS

- ADELIR-ALVES, J. **Pesca fantasma em recifes rochosos no estado de Santa Catarina: causas, ocorrência e impactos (Graduate Program in Ecology of Tropical Aquatic Systems thesis)**. State University of Santa Cruz, Ilhéus, BA. 2016.
- ARAÚJO, M. C. B. **Resíduos sólidos em praias do litoral sul de Pernambuco: origens e consequências (dissertação)**. Graduate in Oceanography of the Federal University of Pernambuco, Recife, PE. 2003.
- AU-IBAR. **Economic, Social and Environmental impacts of Illegal, Unreported and Unregulated Fishing (IUU) in Africa**. A Plan of Action; Advocacy Paper. AU-IBAR Reports. 2016.
- BAIRD, R. J. **Aspects of illegal, unreported and unregulated fishing the Southern Ocean**. Springer, Berlin, 2006, 286 p.

BARBOSA, H.S. **Classificação do lixo presente em área de reprodução de tartarugas marinhas em praias do litoral da Paraíba, Brasil (monografia)**. Bachelor's Degree and Full Degree in Biological Sciences of the State University of Paraíba, Campina Grande, PB. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa REVIZEE: Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva: relatório Executivo**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 280,2006.

BROWN, J.; MACFADYEN, G.; HUNTINGTON, T.; MAGNUS, J. e TUMILTY, J. **Ghost Fishing by Lost Fishing Gear**. Final Report to DG Fisheries and Maritime Affairs of the European Commission. Fish/2004/20. Institute for European Environmental Policy / Poseidon Aquatic Resource Management Ltd joint report. 2005. 151 p.

CARVALHO-SOUZA, G.F.; TINÔCO, M.S. **Avaliação do Lixo no mar em Costões Rochosos na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil**. J. Integr. Coast. Zone Manage. 11, 135–143. 2011. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci231>.

CASARINI, L. M. **Petrechos de pesca perdidos no mar**. O Biólogo, São Paulo, ano 5, n. 17, p. 21-23, 2011.

CHAVES, P. T.; ROBERT, M. C. **Extravio de petrechos e condições para ocorrência de pesca fantasma no litoral de Santa Catarina e sul do Paraná**. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 513-519, 2009.

CLAERBOUDT, M. R. **Shore litter along sandy beaches of the Gulf of Oman**. Marine Pollution Bulletin 49, 770-777, 2004.

COSTA, J.A., GOMES, L.P., COSTA, M.D., MELLO-JUNIOR, J.E., CASARINI, L.M. **Mapeamento do fundo marinho e detecção de petrechos de pesca perdidos em Unidades de Conservação**. Brazilian Protected Areas Congress 1–5, 2015.

CRIDDLE, K. R.; AMOS, A. F.; CARROLL, P.; COE, J. M.; DONOHUE, M. J.; HARRIS, J. H.; KIN, K.; MACDONALD, A.; METCALF, K.; RIESER, A. **Tackling Marine Debris in the 21st Century**. Washington DC: The National Academies Press, 2009.

DANTAS, D. V.; BARLETTA, M.; COSTA, M. F. **The seasonal and spatial patterns of ingestion of polyfilament nylon fragments by estuarine drums (Sciaenidae)**. Environmental Science and Pollution Research. 19: p. 600-606, 2011.

DAYTON, P. K.; THRUSH, S.F.; AGARDY, M. T.; HOFMAN, R. J. **Environmental effects of marine fishing**. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater ecosystems, v. 5, p. 205-232, 1995.

DIEGUES, A. C. S. **Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar**. São Paulo: Ática, 1983.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020**. La sostenibilidad en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>. 243p. 2020.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture - Meeting the sustainable development goals**. Rome, 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FAO. **Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear**. United Nations Environment Program, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: 2009, 115p.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)- Opportunities and challenges. Roma, 2014. E-ISBN 978-92-5-108276-8FAO. **Code of Conduct for Responsible Fisheries**. Rome. 1995.

FERREIRA, B. P.; MAIDA, M. **Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil: situação atual e perspectivas**. Brasília, DF: MMA, 116 p., 2006.

FORTUNA, M.A., CAMPOLIM, M.B., CASARINI, L.M., JÚNIOR, J.E.A.M. **Mitigação e Prevenção dos Impactos Causados pelos Petrechos de Pesca Perdidos no Mar em Unidades de Conservação**. Brazilian Congress Protect Area. 2012.

GAMBA, M. R. **Guia Prático de Tecnologia de Pesca**. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal (MMA), 1994. p. 5

GILMAN, E. **Status of international monitoring and management of abandoned, lost and discarded fishing gear and ghost fishing**. Marine Policy, v. 60, p. 225-239, 2015.

GILMAN, E.; CHOPIN, F.; SUURONEN, P.; KUEMPLANGAN, B. **Abandoned, lost or otherwise discarded gillnets and trammel nets: methods to estimate ghost fishing mortality, and the status of regional monitoring and management**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, Rome, 2016. 96 p.

GOLDBERG, E. D. **Emerging problems in the coastal zone for the twenty-first century**. Marine Pollution Bulletin, v. 31, n. 4, p. 152-158, 1995.

GOMES, L.P., COSTA, J.A., MELLO JUNIOR, J.E.A., CASARINI, L.M. **Caracterização dos Petrechos de Pesca Removidos das Unidades de Conservação no Litoral do Estado de São Paulo**. Brazilian Congress of Oceanography (CBO), pp. 153–154. 2014.

HAHLADAKIS, J. N. **Delineating the global plastic marine litter challenge: clarifying the misconceptions**. Environ Monit Assess 192, 267. 2020. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8202-9>

HENNOEN, H. C. **A material flow analysis of recycling of gillnets from Norwegian fisheries**. Norwegian University of Science and Technology. Dissertação de Mestrado. 2016. p. 9 – 10

IVAR DO SUL, J. A. **Implicações de fatores ambientais na deposição de plásticos no ambiente praias de um ecossistema estuarino. - Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco**. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia. Recife (PE), 2008. 45 p.

IMO, **Comprehensive manual on port reception facilities**. IMO (092.1)/C65/1999. 323 p. 1999.

- LAIST, D. W. **Impacts of Marine Debris: Entanglement of Marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement records**, In: Marine Debris Sources, Impacts and Solutions, Series: Springer Coe, James M.; Rogers, Donald. Series on Environmental Management. XXXV, 1997. 432 p.
- LINK, J.; SEGAL, B.; CASARINI, L.M. **Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear in Brazil: A review**. Perspectives in Ecology and Conservation. v. 17, pp. 1-8. 2019
- LINK, J. **Petrechos de pesca abandonados, perdidos ou descartados na costa brasileira estudo de caso na Reserva Biológica Marinha do Arvoredo**. Dissertação de Mestrado. 2017. 72 p.
- MACFADYEN, G.; HUNTINGTON, T.; CAPPEL, R. **Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. UNEP Regional Seas Reports and Studies Nº. 185**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 523. Rome, UNEP/FAO. (also available at [www.fao.org/docrep/011/i0620e/i0620e00.htm](http://www.fao.org/docrep/011/i0620e/i0620e00.htm)).2009. 115 p.
- MASCARENHAS, R.; BATISTA, C. P.; MOURA, I. F.; CALDAS, A. R.; NETO, J. M. C.; VASCONCELOS, M. Q.; ROSA, S. S.; BARROS, T. V. S. **Lixo marinho em área de reprodução de tartarugas marinhas no Estado da Paraíba (Nordeste do Brasil)**. Revista da Gestão Costeira Integrada, v. 8, n. 2, p. 221-231, 2008.
- MATSUOKA, T.; NAKASHIMA, T.; NAGASAWA, N. **A review of ghost fishing: scientific approaches to evaluation and solutions**. Fisheries Science, 71: 691-702, 2005.
- MCTI, **A ciência que precisamos para o oceano que queremos**. Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030), 2019.
- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). **Boletim Estatístico da pesca e aquicultura**. Brasília, 2012.
- NOAA Marine Debris Program Report. **Impact of “Ghost Fishing” via Derelict Fishing Gear**. National Oceanic and Atmospheric Administration. 2015. 20 p.
- ONU, Objetivo 14. **Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável**. Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/14>, acessado em 10/11/2020 às 17:58
- PAULY, D. V. CHRISTENSEN, S. GUÉNETTE T.J. PITCHER, U.R. SUMAILA, C.J. WALTERS, R. WATSON AND D. ZELLER. **Toward sustainability in world fisheries**. Nature 418: p. 689-695. 2002.
- POSSATTO, F.E.; BARLETTA, M.; COSTA, M. F.; IVAR DO SUL, J. A.; DANTAS, D. V. **Plastic debris ingestion by marine catfish: An unexpected fisheries impact**. Marine Pollution Bulletin, 62: p.1098–1102, 2011.
- PRATES, A. P. L.; GONÇALVES, M. A.; ROSA, M. R., **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinha no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2ª edição, p. 11-13, 2012.
- RICHARDSON, K.; ASMUTIS-SILVA, R.; DRINKWIN, J.; GILARDI, K.V. K.; GISKES, I.; JONES, G.; O’BRIEN, K.; PRAGNELL-RAASCH, H.; LUDWIG, L.; ANTONELIS, K.; BARCO, S.; HENRY, A.; KNOWLTON, A.; LANDRY, S.; MATILLA, D.; MACDONALD, K.; MOORE, M.; MORGAN, J.; ROBBINS, J.; HOOP, J.V.D; HOGAN, E. **Building evidence around ghost gear: Global trends and analysis for sustainable solutions at scale**. Marine Pollution Bulletin, 138, p. 222-229. 2018.
- SALAS, S.; CHUENPAGDEE, R.; CHARLES, A.; SEIJO, J.C. **Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 544. Rome, FAO. p. 73-116, 2011.
- SANTOS, A. J. B.; BELLINI, C.; BORTOLON, L. F.; COLUCHI, R. **Ghost Nets Haunt the Olive Ridley Turtle (*Lepidochelys olivacea*) near the Brazilian Islands of Fernando de Noronha and Atol das Rocas**. Herpetological Review, 43(2), 245–246, 2012.
- SANTOS, T. C. C.; CÂMARA, J. B. D. (Org.). **GEO Brasil 2002- Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2002. 440 p.
- SAMPAIO, C. L. S.; PINTO, T. K. **Poluição por Resíduos Sólidos no Baixo São Francisco, Nordeste do Brasil**. Salvador BA., p. 431–442. 2015.
- Sheavly, S. B.; Register, K. M. **Marine Debris & Plastics: Environmental Concerns, Sources, Impacts and Solutions**. J Polym Environ 15, 301–305, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10924-007-0074-3>
- SILVA, E.M.; CALAZANS, E. M.; LIRO, J. S.; SAMPAIO, C. L. S. **Caracterização dos Resíduos Sólidos na Praia do Francês, Litoral Sul de Alagoas**. Integrated Academic Congress of Innovation and Technology. 2014.
- SILVA, J. S. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos na Praia de Boa Viagem (thesis)**. Federal University of Pernambuco, 2006. 107 p.
- SMOLOWITZ, R. J. **Trap design and ghost fishing: discussion**. Marine Fisheries Review, v. 40, p. 59-67. 1978.
- SOARES, M. O., PAIVA, D. C., GODOY, T., SMITH, M. D. B. **Atol das Rocas (Atlântico Sul Equatorial): Um caso de Lixo no mar em Áreas Remotas**. J. Integr. Coast. Zone Manage. 11, 149–152, 2011.
- STELFOX, M., HUDGINS, J., ALI, K., ANDERSON, R. **High mortality of Olive Ridley Turtles (*Lepidochelys olivacea*) in ghost nets in the central Indian Ocean**. BOBLME-2015-Ecology-14, p. 1–23. 2015.
- WSPA. **Ghosts beneath the waves**. Londres: World Animal Protection, 2018. Relatório completo, 70 p. Disponível em: <https://www.worldanimalprotection.org.br/nosso-trabalho/animais-silvestres/campanha-pesca-fantasma-combate-aos-equipamentos-de-pesca>. Acesso em: 20 de março de 2019.

# MALACOCULTURA E PISCICULTURA MARINHA

17

Ícaro Gomes ANTONIO<sup>1</sup>  
David Araújo BORGES<sup>2</sup>  
Karina RIBEIRO<sup>2</sup>  
Rodrigo Antonio Ponce de Leon Ferreira de CARVALHO<sup>2</sup>

**1** Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

**2** Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN



## 1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de moluscos cultivados atingiu 17,5 milhões de toneladas em 2018 e representou 21% de toda a produção animal da aquicultura em equivalente peso vivo (FAO, 2020). Ao contrário dos peixes, os moluscos não dependem de ração e representam uma fonte de ocupação, renda e alimentos importante para diversos países, especialmente àqueles em desenvolvimento.

Muito embora as estatísticas brasileiras da pesca não sejam atualizadas desde 2013, as estimativas da FAO para a pesca de moluscos no Brasil em 2018 (25,8 mil toneladas) somadas às estimativas do IBGE para a criação de moluscos em 2019 (15,2 mil toneladas) (IBGE, 2020), totalizam 41 mil toneladas, das quais 37% correspondem à criação ou cultivo em fazendas.

A região Sul responde por 98% da produção nacional de moluscos cultivados a qual é dominada pelo estado de Santa Catarina (99,5%) onde se produz mexilhões, ostras e vieiras, cujos volumes produzidos representam 81%, 19% e menos de 1%, respectivamente (EPAGRI, 2020). Os estados de São Paulo e Rio de Janeiro contribuem com 0,8% da produção nacional. A produção das regiões Norte e Nordeste representam apenas 0,6 e 0,8% da produção nacional, respectivamente, com destaque para os estados do Pará, Alagoas, Bahia, Maranhão e Paraíba (IBGE, 2019).

A piscicultura responde por 66% da produção da aquicultura mundial, mas a piscicultura marinha produz apenas 1,4% destes 66%. Uma fração muito pequena, mas com alto valor comercial (FAO, 2020).

Lamentavelmente as estatísticas sobre a produção nacional de peixes marinhos e diádromos não estão atualizadas. A FAO reporta uma estimativa de apenas 20 toneladas em 2018 e o IBGE apresenta dentro da subcategoria “outros” da categoria “peixes” um volume de 24 mil toneladas no qual não se sabe ao certo se contempla os peixes marinhos e diádromos (IBGE, 2019).

A produção brasileira de peixes marinhos em fazendas viveu um período de expansão a partir de meados de 2006 quando foi anunciada a primeira desova de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no Brasil (Cavalli et al., 2011) e a partir daí a espécie começou a ser produzida nos estados de São Paulo (LANAM), Bahia (Bahia Pesca), Pernambuco (Aqualíder Maricultura) e Rio Grande do Norte (Camanor) e a ser pesquisada em diversas universidades brasileiras (UFRPE, FURG, UFC, UFSC, UFRN, USP, entre outras) até entrar em declínio por questões técnicas e econômicas. Atualmente, apenas uma larvicultura comercial produz alevinos de peixes marinhos, a Redemar Alevinos e a engorda está restrita aos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, com testes sendo realizados em diversos estados. Recentemente esta empresa tem desenvolvido o projeto “Garoupas ao Mar” de *sea ranching* que consiste na soltura controlada dos alevinos para repovoamento próximo à Ilhabela, SP. As Universidades Federais de Santa Catarina (UFSC) e do Rio Grande do SUL (FURG) produzem alevinos de robalo, tainha, entre outras espécies, em escala de pesquisa.

## 2. MALACOCULTURA

### 2.1. Espécies, histórico e produção

A malacocultura é a área da aquicultura relativa ao cultivo de moluscos bivalves, gastrópodos e cefalópodos. No Brasil o principal grupo de moluscos produzidos são os bivalves, com ênfase para as famílias dos Mitilídeos (mexilhões e sururus), Ostreídeos (ostras), Pectinídeos (vieiras) e Venerídeos (moluscos de areia) (Fig. 17.1).

Entre as espécies de bivalves na costa do Brasil, destacamos a ostra japonesa *Crassostrea gigas* e o mexilhão *Perna perna* que se distribui do estado do Rio Grande do Sul até o norte do Espírito Santo (Souza et al., 2004). Nas regiões Nordeste e Norte, os esforços são direcionados para pesquisas e cultivos de espécies nativas como as ostras *Crassostrea rhizophorae* e *Crassostrea gasar* = *Crassostrea tulipa*, os sururus *Mytella charruana* e *Mytella guyanensis* e do molusco de areia *Anomalocardia flexuosa*, vulgarmente conhecido como vôngole e berbigão nas regiões Sudeste e Sul respectivamente, e marisco, liliu, sarnambi e chumbinho nas regiões Nordeste e Norte.

Entretanto, nestas regiões o grande foco ainda é no manejo de bancos naturais de ostras, sururus e mariscos de areia. Os cultivos de ostras se baseiam

na engorda de juvenis (10 a 30 mm) obtidos do ambiente natural e cultivados até o tamanho comercial. Esta prática demanda um esforço conjunto de gestores ambientais, pesquisadores e comunidades para manejar estes bancos naturais de forma sustentável.

No Brasil, as pesquisas de cultivo de moluscos iniciaram no começo da década de 1970, quase que simultaneamente em diversos estados, apesar de não ter existido nenhum programa ou algo semelhante. Tais resultados foram obtidos através de esforços isolados de grupos de pesquisas, influenciados por experiências estrangeiras de cultivo, que viram nesta atividade uma alternativa para a pesca artesanal, como também para a manutenção dos estoques explorados pelas populações ribeirinhas (UFSC, 1997).

Vários estados das regiões Nordeste e Norte iniciaram suas pesquisas com moluscos bivalves nesta época, tendo destaque os trabalhos desenvolvidos em Pernambuco (Fernandes, 1975; Fernandes da Costa, 1975) e na Bahia (Nascimento, 1978; Santos, 1978). Porém, foi na região Sul, no estado de Santa Catarina que essa atividade realmente se desenvolveu graças ao trabalho conjunto de diferentes atores (EPAGRI- antiga ACARESC, UFSC e associações de pescadores).



**Figura 17.1** Espécies de moluscos bivalves mais cultivadas no Brasil. Da esquerda para direita- *Perna perna* (mexilhão), *Crassostrea gigas* (ostra japonesa), *Nodipecten nodosus* (vieira) e *Anomalocardia flexuosa* (molusco de areia). **Fonte** www.conchasbrasil.org.br.

## 2.2. Obtenção de sementes e juvenis

O insumo básico para o cultivo de moluscos são as sementes e os juvenis que podem ser obtidos diretamente dos estoques naturais, através da

- i) extração de juvenis das florestas de mangue,
- ii) captação de sementes com coletores artificiais submersos no estuário ou
- iii) produzidas em laboratórios (Legat et al., 2017).

Cada forma de obtenção possui as suas vantagens e limitações.

### 2.2.1. Extração de juvenis dos bancos naturais

As ostras representam um dos grupos de bivalves mais comercializados no Brasil. O extrativismo direcionado para as ostras adultas ainda predomina em muitas localidades do país e serve de renda principal ou complementar para milhares de brasileiros. Contudo, além das condições de trabalho difíceis, a qualidade sanitária do produto é comprometida pela poluição em diversos locais e o baixo valor comercial força o trabalhador a extrair mais para ter uma renda melhor, o que compromete os bancos naturais.

Uma evolução desta prática é a coleta de juvenis para engorda, o que permite um maior controle da produção e da comercialização. A sustentabilidade ambiental, porém, depende da gestão do recurso pelos interessados e a qualidade sanitária, tanto neste, como nos demais sistemas, depende da seleção e monitoramento das áreas e depuração. A COOPEROSTRA, em Cananéia, SP, é um caso de sucesso de extrativismo combinado à engorda que envolve a comunidade através da Associação de Moradores do Distrito da Reserva Extrativista Mandira (REMA) apoiados por parceiros, como o Instituto de Pesca de São Paulo, Ministério do Meio Ambiente e fundações (*United Nations Development Programme*, 2012).

### 2.2.2. Recrutamento de sementes com coletores artificiais

Muitos países produtores, como a França, dependem quase que exclusivamente da captação natural de sementes (Robert & Gerard, 1999) graças às vantagens ambientais e econômicas sobre a extração de sementes dos bancos naturais (Ferreira & Oliveira-Neto, 2007). Alguns produtores nas regiões Nordeste e Norte, como a Associação AQUAVILA, no estado do Pará, coleta sementes de ostras para engorda e comercializa o excedente para outros estados (Sampaio et al., 2019b).

Os coletores de sementes possibilitam o assentamento e recrutamento de larvas de ostras e outros organismos incrustantes (Castilho-Westphal, 2012), o que pode ser um problema para o rendimento do cultivo. Embora as espécies nativas *C. gasar* e *C. rhizophorae* apresentem potencial para a ostreicultura, a primeira cresce mais rápido em cativeiro e a segunda é menos atrativa para a produção (Absher, 1989; Christo, 2006).

Reconhecendo as dificuldades de se identificar as espécies de ostras nativas brasileiras por um padrão morfológico, têm se recorrido, com sucesso, ao uso de protocolos baseados em biologia molecular para a elucidação das questões taxonômicas e de distribuição das diferentes espécies do gênero *Crassostrea* (Ignacio et al., 2000; Lazoski, 2011; Pie et al., 2006; Varela et al., 2007; Melo et al., 2010; Tureck, 2010).

Os coletores artificiais para a captação de sementes podem ser construídos com diferentes materiais reciclados. Em um estudo realizado no estado do Maranhão foi observado que os coletores construídos com placas de forros de PVC captaram mais sementes de ostras do que aqueles construídos com PET oriundo de garrafas recicladas, que por sua vez facilitaram a retirada das sementes graças à sua flexibilidade (Funo et al., 2019). Por este motivo, os coletores fabricados com PET reciclado são os mais utilizados nas regiões Nordeste e Norte do país (Fig. 17.2).



**Figura 17.2** Coletores de placas de PVC e garrafas de PET utilizados para a captação de sementes de ostras no estado do Maranhão.

### 2.2.3. Produção de sementes de bivalves no Brasil

A produção de sementes de moluscos bivalves em larviculturas comerciais no Brasil compreende a *C. gigas* e a *Nodpecten nodosus* cujas tecnologias são bem estabelecidas e as sementes podem ser obtidas no Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM) da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, e na empresa *Blue Water Aquaculture*, ambos localizados em Florianópolis, e as espécies nativas, *C. gasar* e *C. rhizophorae*, cuja tecnologia ainda está amadurecendo e a produção é realizada pelas empresas Primar Aquacultura, em Tibau do Sul, e a Larvi, em Diogo Lopes, ambas no Rio Grande do Norte, e pela UFSC, de forma experimental. As universidades públicas do Nordeste e Norte estão desenvolvendo pesquisas para os bivalves nestas regiões.

Apesar de suas semelhanças com os laboratórios de peixes e camarões marinhos, os laboratórios

de reprodução para moluscos bivalves possuem certas especificidades, como o *layout* e o formato dos tanques. Um *layout* básico de um laboratório de produção de sementes de bivalves deve incluir os setores de tratamento de água, produção de microalgas (repicagem, intermediário e massivo), quarentena e maturação de reprodutores, desova, larvicultura, assentamento e cultivo de sementes (Fig. 17.3).

#### i. Qualidade de água

A água que abastece o laboratório deve possuir qualidade próxima à de águas oceânicas e livre de contaminações. A água deve passar por filtros mecânicos (areia e de cartucho) e esterilização por cloro, ozônio e/ou lâmpadas ultravioletas. Os resíduos do cloro são tóxicos e devem ser neutralizados com tiosulfato de sódio e/ou vitamina C.



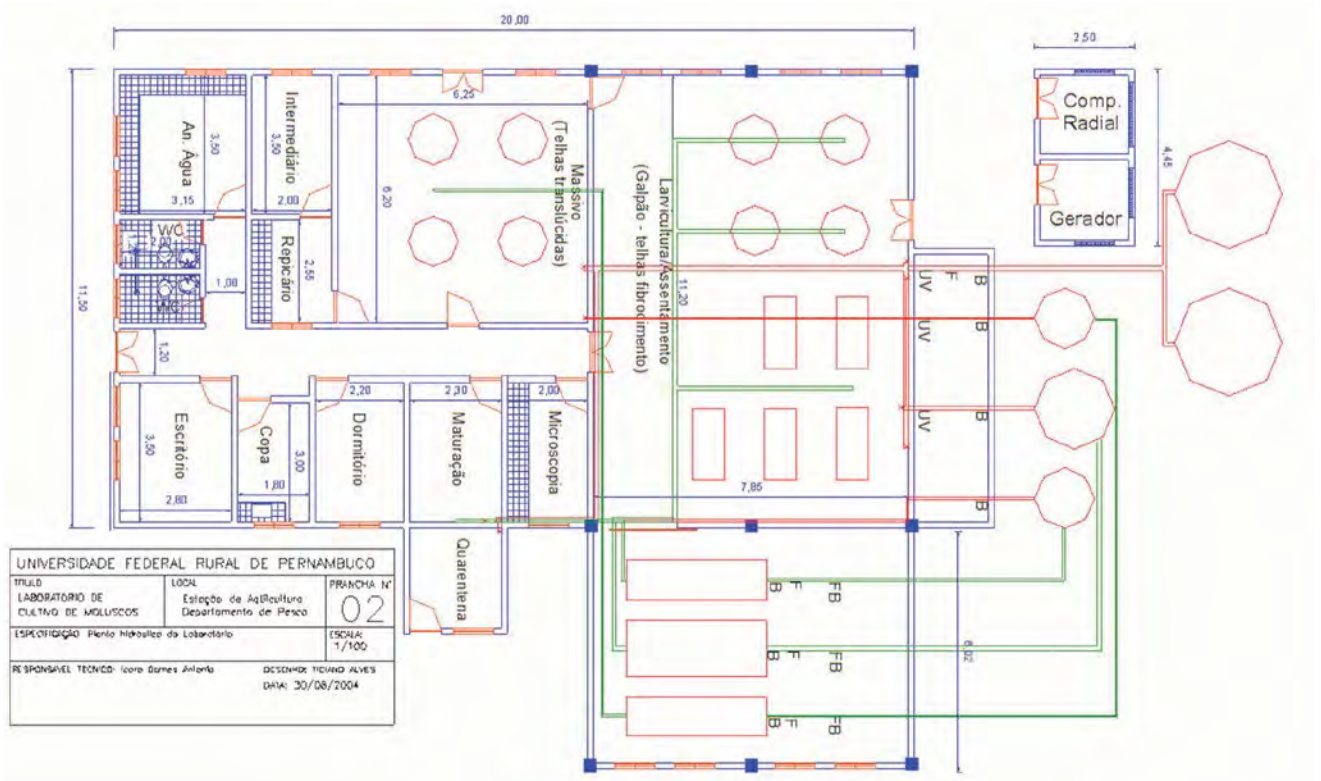


Figura 17.3 Layout de um Laboratório de produção de sementes de moluscos bivalves. **B)** bomba, **F)** filtro, **FB)** filtro biológico, **UV)** lâmpadas ultravioleta (Antonio, 2004).

## ii. Produção de microalgas

As microalgas são o principal alimento dos moluscos bivalves em todas as suas fases de vida. No ambiente natural, esses organismos se alimentam de uma grande diversidade de espécies de microalgas, porém em laboratório são produzidas um número relativo pequeno de microalgas. Os principais grupos de microalgas produzidas são as flageladas e as diatomáceas (Tab. 17.1).

Tabela 17.1 Volume celular, peso orgânico e conteúdo de lipídios de algumas das principais espécies de microalgas utilizadas na alimentação de moluscos bivalves. Fonte Helm et al. (2006).

Estágio Larval	Volume celular médio ( $\mu\text{m}^3$ )	Peso orgânico ( $\mu\text{g } 10^{-6}$ células)	Lipídios (%)
Flageladas			
<i>Tetraselmis suecica</i>	300	200	6
<i>Isochrysis galbana</i>	40	19	20
<i>Pavlova lutheri</i>	50	24	24
Diatomáceas			
<i>Chaetoceros calcitrans</i>	35	7	17
<i>Chaetoceros gracilis</i>	80	30	19
<i>Thalassiosira pseudona</i>	45	22	24

A dieta dos moluscos bivalves varia de acordo com a fase de vida do organismo e normalmente é ministrada como um mix de mais de uma espécie, para desta forma balancear as características nutricionais das espécies utilizadas. A escolha das espécies utilizadas leva em consideração o tamanho celular das microalgas, a composição bioquímica, a digestibilidade e a toxicidade dos seus metabólitos.

As principais etapas de produção das microalgas são a manutenção das cepas, repicagem, produção em pequena e em larga escala (massivo). A produção pode ser realizada por batelada ou sistema *batch*, sistema semi-contínuo ou contínuo. No sistema *batch*, todo o volume de microalgas é coletado na fase exponencial, e no semi-contínuo é realizada uma retirada parcial das microalgas e uma reposição com água enriquecida com nutrientes. No sistema contínuo se utiliza fotobiorreatores e se busca o equilíbrio entre a retirada de microalgas e a reposição de nutrientes.

As cepas são as microalgas concentradas em tubos de ensaio e adquiridas de terceiros ou isoladas do ambiente natural. No caso do isolamento de ambiente natural, podem se utilizar diferentes técnicas como a de diluições sucessivas em meio líquido ou a produção em meio sólido. As cepas são mantidas sob iluminação, temperatura e aeração controladas. A água utilizada para a manutenção de cepas é autoclavada e enriquecida com nutrientes e vitaminas em formulações balanceadas, ou meios de cultivo, tais como o Conway e o F/2 de Guillard para as etapas de cepas e produção em pequena escala e o SEAFDEC para a produção em larga escala.

A avaliação do crescimento das microalgas é determinada pela densidade celular, realizada através da contagem em câmaras de Neubauer com auxílio de um microscópio óptico, contagem automatizadas por contadores de partículas ou empregando a análise de imagens.

### iii. Maturação de reprodutores e análise gonadal

Os reprodutores de moluscos bivalves podem ser obtidos diretamente do meio natural na sua época de desova. Para esse controle, é importante ter o acompanhamento do ciclo gonadal das espécies no meio natural. Esse acompanhamento é realizado através da determinação do Índice de Condição (relação entre o peso seco das partes moles e o peso seco das valvas) e através da análise histológica das células gametogênicas, possibilitando uma maior precisão sobre o momento de maior maturação gonadal dos reprodutores (Antonio & Camacho, 2019).

Na região Nordeste, os moluscos bivalves maturam de forma contínua e é possível obter reprodutores maduros em todos os meses do ano (Lenz & Boehs, 2011). Porém, os métodos de maturação controlada de reprodutores podem garantir um aumento da produção de gametas, maior sincronização da maturação das células gametogênicas, além da possibilidade de obter gametas maduros em épocas do ano distintas da maturação natural, o que é mais aplicado em locais de clima temperado.

Na maturação em laboratório os moluscos bivalves são mantidos em uma condição controlada de temperatura, salinidade e alimentação o que permite o acúmulo gradual de reservas para a produção e maturação de gametas. Na região Nordeste, os trabalhos sobre a maturação de reprodutores de moluscos bivalves são escassos, à exceção daqueles realizados com *A. brasiliiana* (= *A. flexuosa*) (Lavander et al., 2014) e *C. gasar* (França, 2020).

### iv. Indução a liberação de gametas e fertilização

A partir dos reprodutores maduros, inicia-se o processo de indução à liberação de gametas através de estímulos externos como temperatura (Antonio et al., 2009; Silveira et al., 2011), salinidade (Legat et al., 2017), alimentação e hormônios. O estímulo térmico é o método

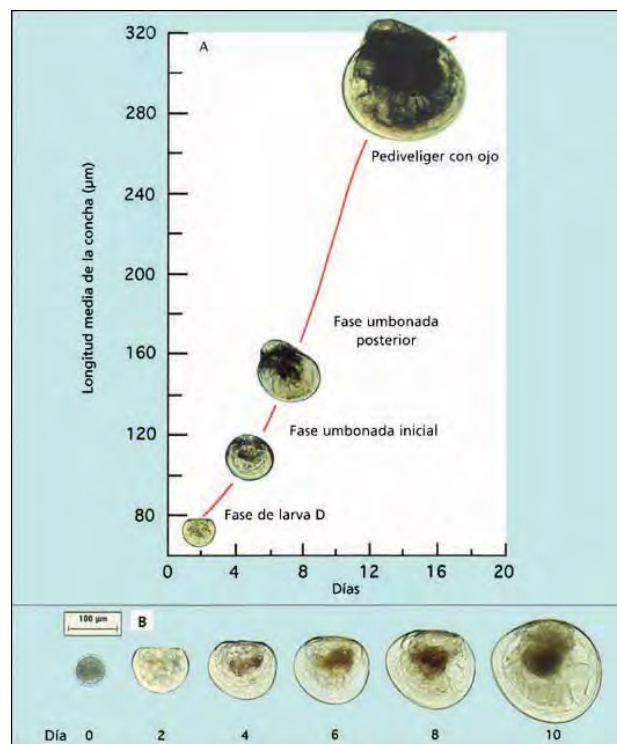
mais utilizado, dispendo os reprodutores no fundo do tanque de cor escura inicialmente com temperatura baixa, a qual vai sendo incrementada até que os reprodutores iniciem a liberação dos gametas. Aqueles que liberaram os gametas são separados por sexo e em recipientes isolados e com a mesma temperatura do início da desova até a liberação de gametas cessar. Em seguida os ovócitos são peneirados para retirar resíduos, contados e fertilizados com os espermatozóides recém coletados.

A taxa de fertilização é calculada verificando a liberação do primeiro corpúsculo polar. Caso os valores de fecundação estejam baixos, se acrescenta mais espermatozóides ao tanque. Silveira et al. (2011) propõem um método de liberação e fertilização de gametas massivo, onde os reprodutores são estimulados por indução térmica todos juntos em um mesmo tanque e mantidos no tanque durante a liberação e fertilização, incluindo gametas maduros ao longo do processo.

Outro método de obtenção de gametas é a raspagem do tecido gonadal (*stripping*). Neste método são realizadas incisões na gônada com um bisturi e os gametas são “lavados” para um béquer contendo água do mar esterilizada. Após a obtenção dos gametas se procede à fertilização conforme descrito anteriormente.

#### v. Larvicultura

A larvicultura consiste no cultivo dos organismos nas fases larvais de trocófora (larva primitiva que ainda não se alimenta de alimento externo), D-véliger (primeira larva que realiza alimentação e possui o formato da letra D), umbonada ou umbo-véliger (larva que apresenta a formação do umbo) e pedivéliger (larva que apresenta o pé utilizado para o assentamento) (Fig. 17.4). A duração da larvicultura pode variar dependendo da espécie e das condições do cultivo.



**Figura 17.4 A)** Crescimento e desenvolvimento das larvas da ostra japonesa, *Crassostrea gigas* e **B)** da vieira *Euvola ziczac*. Helm et al. (2006).

A larvicultura é realizada em tanques com formatos e volumes variados, em sistema estático ou sistema contínuo com recirculação, no qual toda água do tanque é drenada a intervalos regulares e as larvas são filtradas e o seu desenvolvimento é avaliado (Fig. 17.5).

O manejo na larvicultura consiste na manutenção da qualidade de água do cultivo, controle do crescimento e sobrevivência, ajuste das densidades e controle da alimentação. As principais variáveis que devem ser controladas para a manutenção da qualidade de água são a salinidade e a temperatura, as quais devem estar de acordo com a faixa ótima para o crescimento e sobrevivência das espécies cultivadas. O controle do crescimento e sobrevivência será realizado no momento de filtragem das larvas, onde é possível inspecionar se as larvas estão crescendo bem, assim como se estão



**Figura 17.5** Tanques de larvicultura de ostras sendo drenados (Autoria própria).

se alimentando adequadamente. Após a filtragem é realizada a troca de tanque e o ajuste da densidade do cultivo o qual pode variar muito de espécie para espécie, porém valores muito elevados podem levar a um acúmulo de metabólitos no fundo dos tanques e a conseqüente proliferação de bactérias prejudiciais ao cultivo.

A alimentação nesta fase é importante que seja realizada com uma dieta a base de microalgas de tamanho pequeno, com uma parede celular não muito espessa, com elevadas concentrações de carboidratos, lipídios, proteínas e vitaminas, e que de preferência sejam móveis, tornando-as mais acessíveis as larvas (Tab. 17.2).

#### vi. Assentamento

O assentamento é o momento em que as larvas de moluscos bivalves sofrem uma metamorfose, mudam o hábito planctônico e se tornam bentônicas. Durante este processo existem alterações morfológicas e fisiológicas nos organismos. As ostras, por exemplo, realizam o

**Tabela 17.2** Concentração e composição da dieta microalgal ministrada na larvicultura da ostra nativa *Crassostrea gasar*. Adaptado de Legat et al., 2017.

Espécie de microalgas	Proporção (%)	Total de células algais x 10 <sup>4</sup> /mL	Dias de cultivo													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14 a 24
Iso:Pav:Na	40:40:20	1	■	■	■	■	■									
Iso:Pav:Na:Cm	40:40:10:10	1						■								
Iso:Pav:Na:Cm	40:40:10:10	1,2							■							
Iso:Pav:Na:Cm	30:30:10:30	1,2								■						
Iso:Pav:Na:Cm	20:20:10:50	1,2									■					
Iso:Pav:Na:Cm	15:15:05:65	1,3										■				
Iso:Pav:Na:Cm	15:15:05:65	1,2											■			

**OBS.** Abreviações das espécies de microalgas: (Iso) *Isochrysis galbana*; (Pav) *Pavlova lutheri*; (Na) *Nannochloropsis oculata*; (Cm) *Chaetoceros muelleri*.

assentamento por um processo denominado de cimentação, no qual elas perdem o pé ao se fixarem e nunca mais se soltarão deste substrato. Após o assentamento, os moluscos bivalves já podem ser levados para o cultivo em campo.

Este processo pode ser realizado de forma natural, sem a utilização de substratos; com a utilização de substratos (conchas de ostras, pó de concha, placas de pvc, malhas plásticas, entre outros) com o auxílio de indutores químicos (epinefrina, noradrenalina, acetilcolina, entre outros).

Durante o assentamento, normalmente se utilizam estruturas com telas no fundo para reterem as larvas e se imprime um fluxo de água e alimento descendente (*downwelling*) forçando as larvas para baixo (Fig. 17.6).



**Figura 17.6** Da esquerda para direita: Preparação das estruturas de assentamento; Assentamento com utilização de pó de concha da ostra nativa *C. rhizophorae*, assentamento em sistema *downwelling* da ostra japonesa *C. gigas* (Autoria própria).

## 2.3. Engorda

### 2.3.1. Seleção de áreas

As características que devem ser consideradas na seleção de áreas propícias para o cultivo de moluscos bivalves podem ser divididas em ambiental (qualidade da água, saneamento, produtividade primária, vazão, amplitude da maré e profundidade), social (áreas de navegação, pesca, turismo e outros interesses locais) e logística (acesso ao cultivo, proximidade aos centros consumidores e redes viárias).

Os moluscos bivalves filtram substâncias orgânicas e inorgânicas particuladas e dissolvidas como microalgas e detritos, mas também bactérias, vírus e poluentes químicos que se acumulam em seus tecidos e causam problemas à saúde dos consumidores a curto ou longo prazo. Por este motivo é fundamental que o cultivo de moluscos bivalves ocorra apenas nos locais classificados como “liberados” ou “liberados sob condição” conforme estabelece o Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves, PNCMB (Brasil, 2012).

Existem diversas áreas com potencial para a malacocultura nas regiões Nordeste e Norte. O Programa Nacional para o Desenvolvimento da Maricultura em Águas da União foi uma ação da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca que objetivou estudar as áreas costeiras do Brasil e definir áreas com grande potencial para a Maricultura (SEAP, 2005). Na região Nordeste, os Planos Locais para o Desenvolvimento da Maricultura (PLDMs) foram elaborados nos estados da Bahia, Alagoas, Pernambuco e Maranhão. Somente no litoral norte do estado de Pernambuco e oriental do estado do Maranhão foram delimitados 77 hectares e 689 hectares, respectivamente, com alta favorabilidade (Almeida, 2006; FSADU, 2010).

### 2.3.2. Sistemas de cultivo

Os sistemas de cultivo de moluscos bivalves estão divididos em fixos ou flutuantes, com modificações de acordo com o local. Os sistemas fixos são fincados no substrato e dependem da variação de maré para a realização do “castigo”, momento que os organismos ficam expostos ao ar, entre estes sistemas destacamos as camas ou mesas, como o sistema mais utilizado nas regiões Nordeste e Norte.

As camas ou mesas podem ser construídas com diversos materiais como canos de PVC, madeira ou vergalhões de ferro galvanizado. Sobre elas são dispostos os “travesseiros” feitos com telas plásticas que vão sendo trocadas por outras com aberturas, ou malhas, maiores à medida que os animais crescem (Fig. 17.7).



**Figura 17.7** Sistema de cultivo de camas no município de Maracana, PA. Fotos Dioniso Sampaio- <https://worldoyster.org/photo/farm/brazil-state-of-para-north-region>.

Os sistemas flutuantes consistem em grandes extensões de cabos, chamados *longlines* ou espinhéis, mantidos abaixo da superfície com o auxílio de bombonas plásticas e nos quais estão penduradas as lanternas japonesas para o cultivo de ostras e vieiras e as cordas de sururu ou mexilhão. Estes sistemas são os mais utilizados no Brasil e são indicados para áreas com profundidade superiores a 3 metros na maré baixa. (Fig. 17.8A). Ainda existem as balsas, pouco utilizados no Brasil, que são estruturas de madeira com flutuadores dispostos na parte inferior (Fig. 17.8B).



**Figura 17.8** Sistema de cultivo de *longline* no estado de Santa Catarina Fotos Felipe Suplicy- <https://worldoyster.org/photo/farm/brazil-state-of-santa-catarina-south-region>. Sistema de cultivo de ostras balsa no estado do Maranhão (Autoria própria).

### 2.3.3. Manejo do cultivo

O manejo na produção de moluscos se refere ao cuidado com os animais cultivados, assim como com as estruturas de cultivo. As principais etapas de manejo são o povoamento, biometria e ajuste das densidades, troca de estruturas, limpeza e colheita.

O povoamento é o momento em que se realiza a colocação das sementes nas estruturas de cultivo. Este manejo é realizado atentando para a densidade de estocagem e o tamanho das sementes que influencia na abertura da malha das estruturas de cultivo. A elevada densidade de estocagem poderá promover altas mortalidades caso a estrutura não proporcione espaço para o fluxo de água e aberturas de malhas inadequadas pode proporcionar entrada de predadores e perda de sementes. O acompanhamento do crescimento das ostras é obtido pelas biometrias que auxiliam nos ajustes das densidades de estocagem e troca das estruturas com malhas de maior abertura. Após os organismos alcançarem o tamanho comercial é realizada a colheita, retirando as estruturas de cultivo da água e coletando os organismos para comercialização.

É importante que durante o cultivo seja realizada a manutenção das estruturas de cultivo, verificando as madeiras, cabos ou tubos de PVC, que se estiverem danificados devem ser reparados ou substituídos.

Uma das principais etapas de manejo é a limpeza, a qual pode ser realizada diretamente junto ao sistema de cultivo com a utilização de bombas d'água ou escovas de limpeza ou através do transporte das estruturas de cultivo (lanternas ou travesseiros) para um local de suporte em terra que possibilitará a limpeza.

### 2.3.4. Colheita, depuração e comercialização

Após a sua colheita, os moluscos podem ser liberados para a comercialização e consumo direto ou serem submetidos ao processo de depuração, a fim de garantir a inocuidade e qualidade dos moluscos bivalves destinados ao consumo humano segundo os critérios limites para a presença de micro-organismos contaminantes e biotoxinas em moluscos bivalves dispostos no Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves (PCMB) (Brasil, 2012) (Fig. 17.9, Tab. 17.3).



**Figura 17.9** Ostreicultoras manipulando as ostras antes da colheita na Vila Palatéia, Barra de São Miguel/AL. **Foto** <http://www.sedetur.al.gov.br/noticia/item/2592-ostreicultura-e-potencial-turistico-e-gastronomico-para-alagoas>

**Tabela 17.3** Critérios para retirada e comercialização de moluscos bivalves destinados ao consumo humano, baseado na quantidade de micro-organismos e biotoxinas presentes na parte comestível de moluscos bivalves, de acordo com o PNCMB (MPA, 2012).

Condição	NMP de <i>E. coli</i> em 100g de bivalves	PSP em 1 kg de bivalve	DSP em 1 kg de bivalve	ASP em 1 kg de bivalve	AZP em 1 kg de bivalve
Liberado	<230	<0,8 mg (eq-STX)	<0,16 mg (eq-AO)	<20 mg (AD)	<0,16 mg (eq-AO)
Sob condição	$230 \geq \text{NMP} \leq 46.000$	<0,8 mg (eq-STX)	<0,16 mg (eq-AO)	<20 mg (AD)	<0,16 mg (eq - AZA1)
Retirada suspensa	>46.000	$\geq 0,8$ mg (eq-STX)	$> \pm 0,16$ mg (eq-AO)	$\geq 20$ mg (AD)	$> 0,16$ mg (eq - AZA1)

\**E. coli* *Escherichia coli*; (PSP) toxina paralisante de moluscos; (DSP) toxina diarréica de moluscos; (ASP) Toxina amnésica de moluscos e (AZP) azaspirácidos.

Na retirada liberada, os moluscos bivalves podem ser destinados vivos ao consumo humano, sem necessidade de depuração prévia ou outro tratamento complementar. Já na retirada sob condição, os moluscos bivalves somente podem ser colocados no mercado para consumo humano após depuração ou processamento térmico que permita eliminar os micro-organismos patogênicos.

A depuração é o método mais comumente utilizado para diminuição ou remoção dos agentes contaminantes em moluscos bivalves. Neste processo os moluscos bivalves são colocados em água marinha livre de poluição por um período que pode durar várias horas a dias, a depender da quantidade de

micro-organismos presentes (Lee et al., 2008).

Durante este período, os moluscos filtrarão uma água isenta de contaminantes com o intuito de limpar o trato digestório (Fig. 17.10). Esta técnica é eficiente para *E. coli*, porém não é adequada para eliminar biotoxinas e metais pesados.

Uma vez alcançadas as condições sanitárias descritas acima, os moluscos serão destinados à comercialização ainda vivos. Na região Nordeste, as ostras são comercializadas nas praias sem o controle de sua qualidade sanitária, na maioria das vezes, o que representa um sério risco à saúde pública que poderia ser minimizado a partir do monitoramento oficial das áreas de extração e cultivo de moluscos.



**Figura 17.10** Depuração de ostras (esquerda). **Fonte** Autoria própria e da PRIMAR Orgânica, em Tibau do Sul-RN (direita). **Fotos** PRIMAR Aquacultura Ltda.



Os moluscos bivalves ainda podem ser comercializados desconchados e congelados. Esse processamento normalmente acontece com o molusco de areia (*A. flexuosa*) e com os sururus (*M. charruana* e *M. guyanensis*). Durante este processamento os moluscos são cozidos, retirado o bisso (no caso dos sururus) e desconchados. Esta forma de processamento é uma das mais realizadas na região Nordeste e garante o sustento de milhares de famílias nesta região.

#### 2.4. Sanidade

As doenças são um dos fatores mais importante para a mortalidade em massa de bivalves marinhos de estoques naturais ou cultivados (Bower et al., 1994). Um aspecto importante da ecologia dos moluscos bivalves cultivados que possui profundas consequências dentro da produção é a incidência de doenças causadas por parasitas (Lauckner, 1983). Atualmente, há registros de parasitas em várias espécies de moluscos bivalves entre eles vírus, bactérias, protozoários e metazoários (Boehs et al., 2010; Sabry et al., 2011; da Silva et al., 2012).

Na região Nordeste a infecção de ostras da espécie *C. rhizophorae* por *Perkinsus* sp. vem sendo motivo de preocupação (Brandão et al., 2013; da Silva et al., 2014; da Silva et al., 2013; Sabry et al., 2013). Esse gênero de parasitas faz parte da lista de notificação obrigatória da OIE desde 2012 e como prevenção é adotado o manejo para a exposição das ostras ao sol ou a imersão em soluções salinas concentradas.

### 3. PISCICULTURA MARINHA

#### 3.1. História da piscicultura marinha

No Brasil, historicamente tem-se o berço da aquicultura na região Nordeste, mas precisamente no estado de Pernambuco com a construção de viveiros estuarinos incentivados pelo Governador da

Capitania de Pernambuco, o Conde João Maurício de Nassau no século XVII. Existem registros de atividades de captura de juvenis de peixes como o camurim, carapeba, mero e tainhas, nas grandes marés de lançamento em lagunas e viveiros estuarinos escavados e a sua criação de forma extensiva.

Ao longo das últimas décadas as pesquisas e tentativas de produção comercial com espécies nativas como o camurim ou robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*), robalo peva (*Centropomus parallelus*), tainhas (*Mugil* sp.), carapeba (*Diapterus auratus*), camurupim (*Megalops atlanticus*), peixe rei (*Odontesthes argentinensis*), pampo (*Trachinotus carolinus*), sardinha (*Sardinella brasiliensis*), linguado (*Paralichthys orbignyanus*), beijupirá (*Rachycentron canadum*), garoupa (*Epinephelus marginatus*), cioba (*Lutjanus analis*) e ariacó (*Lutjanus synagris*) (Cavalli & Hamilton, 2007, Nunes, 2014; Cerqueira et al., 2017) geraram aprendizado, embora concentradas em poucas espécies, para o crescimento da piscicultura marinha no Brasil. No entanto, salvo poucas exceções, esta atividade ainda se encontra na sua infância no país.

Diante da escassez de informações e experiências, concentramos a atenção em três espécies chave para a aquicultura marinha no Brasil: o beijupirá *R. canadum*, a garoupa *E. marginatus* e o camurim ou robalo *C. undecimalis*.

#### 3.2. Beijupirá *Rachycentron canadum*



**Figura 17.11** Exemplar adulto de beijupirá *Rachycentron canadum*.

### 3.2.1. Aspectos gerais da espécie

Conhecido mundialmente como cobia, o *Rachycentron canadum* (Fig. 17.11) é mais conhecido no Brasil por beijupirá, bijupirá, pirambijú ou mesmo cação de escama, este último, mais especificamente na região Nordeste. Existem duas versões para o nome do peixe em Tupi-Guarani. Beijupirá significa “peixe de pele amarela” (Cavalli & Garcia, 2016, apud Bueno, 1983) e, segundo o dicionário Houaiss (houaiss.uol.com.br), bijupirá tem a etimologia descrita como *mbe'yu* no sentido de 'beiju' + *pi'ra* no sentido de 'peixe', ou beiju (tapioca) + peixe, talvez pelo sabor ou pela cor branca da sua carne.

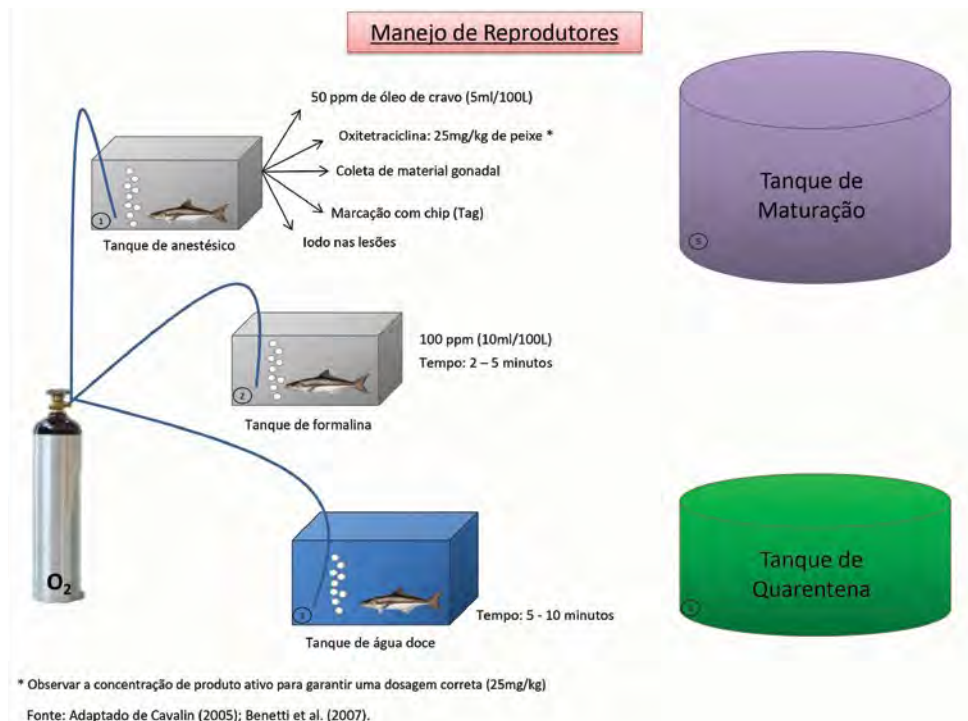
O beijupirá é um peixe pelágico, migratório, habita águas tropicais e subtropicais quentes do leste e oeste do Atlântico, todo o Caribe e a região do Indo-Pacífico da Índia, Japão e Austrália. Encontrado em todo o litoral brasileiro, possui hábito alimentar carnívoro com preferência por peixes, crustáceos e eventualmente moluscos bivalves. Na natureza pode chegar a 2 m de comprimento e 68 kg (Benetti et al., 2010a; Cavalli & Garcia, 2016; Sampaio & Tesser, 2016).

Entre as principais características que tornam o beijupirá uma espécie potencial para a aquicultura, destacam-se: rápido crescimento, adaptabilidade à reprodução e criação em cativeiro, elevada fecundidade, aceitação de ração, carne branca com textura rígida e elevado valor de mercado (Chang, 2003; Benetti et al., 2007).

### 3.2.2. Reprodução e larvicultura

O processo de reprodução tem início com a obtenção de reprodutores selvagens. O beijupirá não apresenta dimorfismo sexual, não muda de sexo ao longo da vida (gonocórico) e a identificação do sexo dos reprodutores desta espécie é realizada através da inserção de cânula no orifício urogenital para a coleta e análise microscópica do material biológico (Peregrino et al., 2014). Para evitar a introdução de patógenos através de novos reprodutores, os laboratórios devem seguir um protocolo específico para a desinfecção dos animais (Fig. 17.12).

Após os procedimentos do tanque de anestésico (1), tanque de formalina (2) e tanque de água doce (3), os reprodutores serão alojados em um tanque



**Figura 17.12** Esquema do protocolo de manutenção e desinfecção dos reprodutores selvagens de beijupirá da sua introdução até a maturação em laboratório.

de quarentena, por um período de 20 a 30 dias, onde ocorrerá a observação da evolução de alguma lesão e o desenvolvimento de nenhuma outra enfermidade nos animais.

A reprodução no beijupirá tanto pode ser natural, quanto induzida. No Brasil, reproduções são observadas entre 24 e 32°C, contudo a faixa ótima de temperatura é de 26 a 28°C. Para o acasalamento, coleta-se os ovócitos da fêmea com o auxílio de uma cânula (0,97 mm Ø interno; 1,27 mm Ø externo) para avaliar o seu grau de maturação. Ovócitos com 500 µm indicam situação favorável para a indução hormonal ou formar casais para o acasalamento e desova natural. Nos machos, coleta-se o sêmen com uma leve compressão abdominal e o mesmo deve apresentar-se condensado e viscoso.

Para a reprodução induzida, uma vez atendidas as condições acima, pode-se optar pelo uso de gonadotrofina coriônica humana (HCG) – 1.000UI/kg de fêmea, ou pelo uso do hormônio LH-RHa (análogo do hormônio liberador do hormônio luteinizante) 20 g/kg de fêmea e 10 g/kg de macho. Após a aplicação do hormônio, deve-se utilizar a proporção de 2 fêmeas para 1 macho, ou 3 fêmeas para 2 machos. Caso não ocorra nenhuma intercorrência, 12 a 36 horas após a aplicação do hormônio ocorre a desova, sendo a fecundação natural no tanque de desova. Recomenda-se o uso de densidade de estocagem (DE) de 1 a 2 kg/m<sup>3</sup> (Benetti et al., 2008).

Ovos de boa qualidade flutuam e são coletados manualmente ou artificialmente com o uso de malhas macias de 500 µm. Ovos de má qualidade ou mesmo ovócitos que não foram fecundados se depositam no fundo do tanque. Após a coleta dos ovos, deve-se realizar tratamento profilático com banho em formalina 100 ppm por 60 minutos. Posteriormente, os ovos são acondicionados em incubadoras cilíndricas cônicas com uma densidade de estocagem de 300 a 600 ovos/L. É necessária uma troca de água constante (telas de 300 – 500 µm) bem como o uso de aeração moderada. Com uma temperatura de 26 – 28°C e salinidade de 30 – 35‰ após cerca de 24 horas eclodem as larvas medindo 3,5 mm de CT (Cerqueira et al., 2017).

Existem diversos protocolos para a larvicultura do beijupirá e um dos mais conhecidos inicia com a transferência de larvas contendo o saco vitelínico para tanques circulares com capacidade para 12.000 L. em sistema de recirculação parcial com água do mar bombeada, filtrada em filtros físicos, de cartucho (até 10 µm) e ultravioleta com uma taxa de troca de água / recirculação variando de 300% a 1.500%/dia. A temperatura deve ser mantida entre 26 – 33°C e a salinidade entre 26 – 34 ‰. Ao final do DAE 35 (DAE = dia após eclosão) são produzidas pós-larvas com 2,6 g e 9,0 cm de comprimento total (CT) e sobrevivência final de 38,63%, superior aos 5 a 10% obtidos anteriormente (Kaiser & Holt, 2005; Benetti et al., 2007; Benetti et al., 2010b) (Tab. 17.4).

**Tabela 17.4** Tabela sugestiva para a alimentação do beijupirá *R. canadum* na fase de larvicultura. **Adaptado** de Nhu et al. (2011).

Alimento	Quantidade	Dias de cultivo				
		2 a	7 a	10 a	15 a	28 a 35
Iso + Nano	10.000 cel/ml	[Barra laranja]				
Rotíferos	5 a 10/ml	[Barra laranja]			[Barra laranja]	
Náuplios de artêmia	0,5 a 2/ml	[Barra laranja]				[Barra laranja]
Ração 200 a 1500 µm	<i>ad libitum</i> *	[Barra laranja]				

\***Ad libitum** à vontade, sem sobras e utilizando a tabela do fabricante como referência. Iso (*Isochrysis galbana*) e Na (*Nannochloropsis oculata*).

Tanto os rotíferos quanto as artêmias são enriquecidas com ácidos graxos poli-insaturados, bem como probióticos antes de serem ofertados às larvas. A oferta de alimentos vivos é feita ao menos três vezes ao dia.

Em Taiwan e no Vietnã, a larvicultura do beijupirá é realizada de forma extensiva. Em Taiwan, os ovos são estocados em viveiros com área inferior a 5.000 m<sup>2</sup> (1 a 1,2 m de profundidade) com água verde com predominância de *Chlorella* sp. e copépodos e com nenhuma ou pouca troca de água por um período de 20 dias. No Vietnã as larvas são criadas em um pré-berçário *indoor* onde são alimentadas com rotíferos por sete dias e então são transferidas para tanques *outdoor* com volume de 500 m<sup>3</sup> onde são alimentadas com plâncton, especialmente copépodos por 12 dias. Quando necessário, plâncton coletado de outros tanques ou náuplios de artêmia são suplementados (Liao et al., 2004, Chang et al., 2007, Nhu et al., 2011).

### 3.2.3. Cultivo

#### v. Alevinagem e cultivo dos juvenis

Independentemente do modelo de produção, os cultivos são realizados em sistemas multifásicos, contudo no modelo industrial, geralmente é realizada uma fase de alevinagem em terra para só então se transferir os “alevinões” para as gaiolas, ou mesmo opta-se pela aquisição dos animais já com maior tamanho (+ 30 g). Em Taiwan, os alevinos de beijupirá são criados em tanques até atingirem 30 g, em seguida passam por uma terceira fase em tanques *indoor* ou em tanques-rede em locais abrigados até atingirem 1 kg, quando então são transferidos para a engorda em tanques-rede no mar aberto (Chang et al., 2007). No Vietnã, os beijupirás são criados em viveiros ou tanques até atingirem 12 cm e em seguida são estocados em tanques maiores ou em hapas dentro dos tanques-rede de engorda (Nhu et al., 2011) (Fig. 17.13).

Dados sobre o desempenho de alevinos de beijupirá no Brasil são escassos. Os parâmetros para a criação de alevinos de beijupirá na fase de berçário em



Figura 17.13 Alevinos de beijupirá *R. canadum* em um tanque-rede. Foto Pal Myhre.

tanques-rede na região Nordeste indicam que alevinos com peso inicial igual a 2 g atingem 15 a 20 g em 60 dias (Bezerra et al., 2016). Dados de criação de juvenis beijupirá no Rio Grande do Norte apontaram que alevinos com peso médio inicial próximo a 4 g cultivados em tanques circulares com volume igual a 10 m<sup>3</sup>, nas densidades de 5,5 e 11 peixes/m<sup>3</sup> atingiram pesos entre 26 e 29 g após 30 dias, entre 118 g e 144 g e sobrevivências entre 87% e 92%, respectivamente após 64 dias de criação (Oliveira, 2016).

#### vi. Engorda

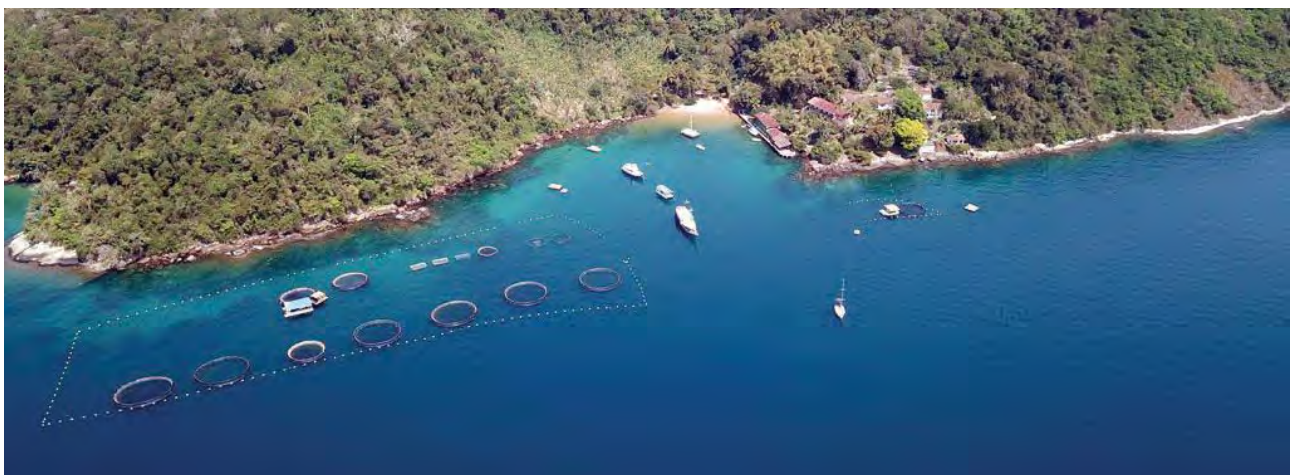
O beijupirá é considerado um animal eurihalino, uma vez que tolera grandes variações de salinidade. Durante cultivos em viveiro no Brasil, animais mantidos por alguns dias a 14‰ continuaram a se alimentar, contudo com ritmo mais lento (Carvalho Filho, 2010). Estudos realizados em Mossoró, RN, apontaram que o desempenho de juvenis da espécie foi satisfatório em cultivos com águas nas salinidades entre 7 e 15 ‰ (Ribeiro et al., 2014). Kumudini (2018) recomenda salinidades acima de 25 ‰ para o cultivo dessa espécie, contudo os melhores resultados de crescimento foram registrados em salinidades entre 32 ‰ e 35 ‰ (Benetti et al., 2010a; Díaz-Muñoz et al., 2019).

A engorda, ou terminação do beijupirá, pode ser realizada em viveiros escavados, tanques suspensos

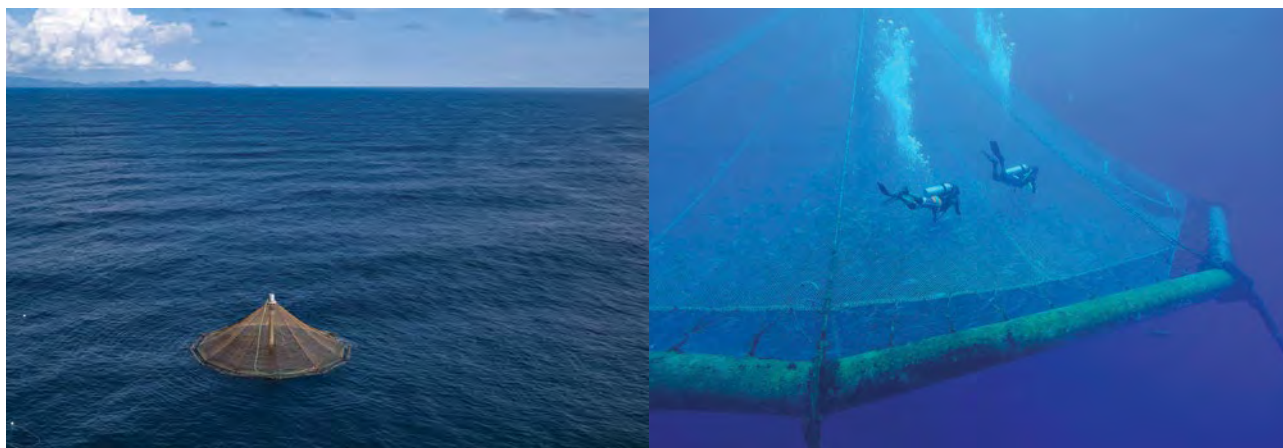
em sistema de recirculação de água (RAS), gaiolas flutuantes ou mesmo gaiolas submersas, sendo os cultivos em viveiros escavados os menos usuais. Em se tratando de sistemas flutuantes, basicamente são utilizados dois sistemas distintos: o chamado sistema familiar ou de pequena escala e o industrial ou de grande escala (Liao et al., 2007; Bezerra et al., 2016).

**Sistema familiar:** Utilizam-se gaiolas quadradas/retangulares, modulares, podendo chegar a mais de 30 módulos, ou mesmo circulares de PEAD – Polietileno de alta densidade, localizadas em baías, enseadas ou mesmo em estuários. O volume das gaiolas varia de 27 a 1.000 m<sup>3</sup> e as densidades de estocagem (DE) variam de 7,4 a 14,4 kg/m<sup>3</sup> nas diferentes fases de cultivo. A alimentação é à base de ração comercial, contudo em alguns casos a alimentação consiste total ou parcialmente de peixes de baixo valor comercial (*trash fish*).

**Sistema industrial:** Utilizam-se gaiolas circulares de PEAD de maior diâmetro ou mesmo tanques submersos octogonais bicônicos (Figs. 17.14 e 17.15) ou tanques globulares geodésicos como os *Aquapods* (Benetti et al., 2007) próximos à costa (*Nearshore*) ou em mar aberto (*Offshore*). O volume das gaiolas varia de 7 a 1.800 m<sup>3</sup> e as densidades de estocagem (DE) variam de 8,4 a 14 kg/m<sup>3</sup> nas diferentes fases de cultivo. A alimentação é feita 100% a base de ração comercial.



**Figura 17.14** Unidade produtiva do beijupirá *R. canadum* da Maricultura Costa Verde em Ilha Grande/RJ. **Foto** Maricultura Costa Verde.



**Figura 17.15** Gaiola submersível octogonal bicônica (Seastation) utilizada para a criação de peixes *offshore*. Foto INNOVASEA.

Como o beijupirá é uma espécie carnívora com trânsito intestinal lento, recomenda-se uma frequência alimentar de 2 vezes ao dia até os 60 primeiros dias de cultivo e uma alimentação por dia até a despesca.

Nas gaiolas flutuantes, há a possibilidade de se realizar mais uma fase de recria, antes da fase de engorda final. Nas gaiolas submersas, pode-se também realizar uma fase intermediária de cultivo,

contudo o manejo é bem mais complicado, pois é necessário se instalar bolsões tipo berçário no interior dessas gaiolas antes da soltura dos juvenis. Tal manobra exige o uso de mergulho autônomo (*scuba*).

Já no modelo familiar, devido ao menor volume das gaiolas, muitas vezes opta-se pela realização de todas as fases de cultivo nas próprias gaiolas (Tab. 17.5).

**Tabela 17.5** Abertura da malha, densidades e pesos final e inicial de um sistema multifásico utilizado no cultivo de beijupirá em Taiwan. Adaptado de Pan (2005).

	Berçário	Recria	Engorda
Abertura de malha (Ømm)	10	25	25
DE inicial	195 alevinos/m <sup>3</sup>	7 juvenis/m <sup>3</sup>	2,7 peixes/m <sup>3</sup>
Peso médio inicial (g)	4	175	330
Peso médio Final (g)	175	330	6.000
CT inicial (cm)	12 – 15	29	31
CT final (cm)	29	31	± 100
DDC	60 dias	30 dias	360 - 390

\*DE (densidade de estocagem); CT (comprimento total) e DDC (dias de cultivo).

A limpeza ou substituição das redes das gaiolas devido à colmatagem e incrustações deve ser feita regularmente e com os peixes dentro das gaiolas. A sua frequência vai depender das condições climáticas e ambientais que geram um maior ou

menor nível de impregnação. No decorrer do cultivo as redes são substituídas por outras com maior abertura para aumentar a circulação de água dentro das gaiolas (Tab. 17.6).

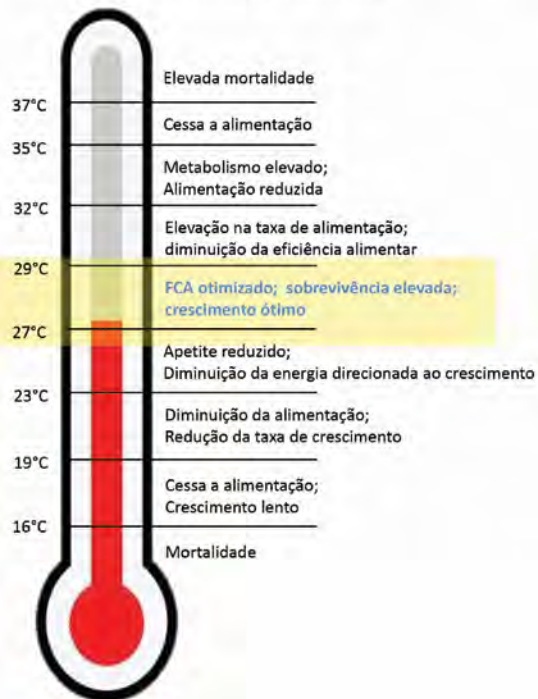
**Tabela 17.6** Abertura de malhas recomendadas para a criação do beijupirá com diferentes tamanhos e pesos em gaiolas. Adaptado de Kumudini (2019).

Abertura da malha mm	18	25	40	60
Comprimento mm	100 a 200	200 a 450	450 a 750	750 a 1000
Peso g	10 a 70	70 a 1.100	1.100 a 4.000	4.000 a 7.000

### 3.2.4. Desempenho zootécnico e qualidade de água

O beijupirá é considerado uma espécie euritérmica uma vez que tolera temperaturas entre 16°C e 37°C, contudo a faixa ótima de temperatura para essa espécie é de 27°C a 29°C (Fig. 17.16).

#### Efeito da temperatura sob o desempenho do beijupirá (*Rachycentron canadum*)



**Figura 17.16** Efeito da temperatura da água no desempenho do beijupirá *R. canadum*. Adaptado de Lima et al. (2018).

Uma busca na literatura retornou apenas uma referência do Brasil com dados de desempenho do beijupirá desde alevino até a despesca. Segundo este estudo, o beijupirá criado em um sistema de três fases na costa do estado do Rio de Janeiro a partir de alevino (1,5 g) atingiu 4,2 kg após 13 meses (Sampaio et al., 2011). O peso final obtido neste estudo foi próximo à média daquele reportado em dois cultivos realizados no Caribe em gaiolas submersas com alevinos de um mesmo lote. No primeiro deles, na densidade de estocagem (DE) igual a 5 kg/m<sup>3</sup> e temperatura da água (T) igual a 27,8°C os peixes atingiram após 363 dias um peso médio final igual a 6 kg. No segundo cultivo, na DE igual a 15 kg/m<sup>3</sup> e T = 25,5°C, os peixes alcançaram após 346 dias um peso médio final igual a 3,5 kg. O fator de conversão alimentar aparente (FCA) foi similar nos dois cultivos (1,75) (Benetti et al., 2010a). Um terceiro estudo em sistema de recirculação (RAS) com alevinos com peso inicial igual a 3 g e densidade de 30 kg/m<sup>3</sup> resultou após 12 meses de engorda em peixes com peso final médio igual a 4,0 kg, sobrevivência de 94% e FCA igual a 1,26 (Díaz-Muñoz et al., 2019). De acordo com uma comunicação pessoal, beijupirás cultivados em tanques rede em uma fazenda marinha em Ilha Grande, RJ na densidade de 4 kg/m<sup>3</sup> e alimentados com ração e rejeito de pesca (*trash fish*) atingem aproximadamente 4,5 kg em 16 meses (Fig. 17.17).



**Figura 17.17** Cultivo de beijupirá em tanques-rede em fazenda marinha no estado do Rio de Janeiro. **Fotos** Maricultura Costa Verde.

### 3.2.5. Sanidade

As principais enfermidades observadas nos cultivos de beijupirá são os parasitas (*Trichodina*, *Neobenedenia* e *Amyloodinium*) e bacterioses (vibriosis e streptococcosis). A observação do comportamento dos animais já pode indicar a ocorrência de algumas dessas epizootias como, falta de apetite, nado errático, boquejamento na superfície e batimento opercular acelerado. Indivíduos nadando próximo às redes e desenvolvimento de coloração esbranquiçada também são fortes indícios. Em casos avançados, pode-se verificar o desenvolvimento de lesões eruptivas.

No geral, o tratamento de ectoparasitas inicia-se com banho de água doce por 5 minutos. Em casos mais severos, seja por ectoparasitas ou infecções bacterianas, é recomendada a orientação de especialistas para prescrever os tratamentos.

As trocas sazonais de redes e respectivas limpezas ajudam a reduzir a ocorrência de ectoparasitas. Em sistemas submersos ou mesmo em mar aberto, onde as correntes marinhas são mais intensas, a ocorrência de ectoparasitas é bem menos frequente.

### 3.3. Garoupa *Epinephelus marginatus*



**Figura 17.18** Exemplar adulto de garoupa verdadeira *Epinephelus marginatus*.

#### 3.3.1. Aspectos gerais da espécie

A garoupa verdadeira (*Epinephelus marginatus*) (Fig. 17.18), também conhecida como *dusky grouper* (inglês), pertence à família dos serranídeos e é apontada como uma das espécies mais promissoras para a aquicultura brasileira. A espécie é encontrada em regiões rochosas de águas rasas, até 200 m de profundidade nas águas tropicais do Atlântico e Mediterrâneo. No Brasil é encontrada do Nordeste ao Sul do país (Szpilman, 2000; Cavalli & Hamilton, 2007). O seu hábito alimentar é carnívoro oportunista e composto por peixes, crustáceos e cefalópodes. Na natureza, esta espécie pode atingir 37,6 kg e 1,5 m de comprimento (Szpilman, 2000).



As principais características que atestam o seu potencial para a aquicultura são: bom potencial de crescimento, boa adaptação ao cativeiro, rusticidade no manejo, boa aceitação de rações artificiais, disponibilidade comercial de alevinos e alto valor de mercado (Sanches et al., 2006; Kerber et al., 2012a).

Uma característica marcante da espécie é que ela é hermafrodita protogínica (fêmeas maduras podem transformar-se em machos e estes predominam nos indivíduos com peso acima de 9,0 kg). A primeira maturação desta espécie ocorre com indivíduos em torno de 45 cm (CT) e 2,0 a 3,0 kg, sendo apenas observados indivíduos machos com peso superior a 9 kg (Spedicato et al., 1995; Andrade et al., 2003). No tocante à perspectiva da engorda (terminação) desses animais, essa característica não é preocupante uma vez que a perspectiva é que se produzam peixes de menor porte, 1 a 1,5 kg no máximo (Kerber et al., 2012a). Dessa forma, a maturação sexual não afetará o desempenho de crescimento desses animais.

### 3.3.2. Reprodução e larvicultura

Para a reprodução podem ser utilizados reprodutores oriundos da natureza, ou mesmo juvenis capturados na natureza e mantidos em cativeiro até a maturação sexual. O acasalamento e a desova natural são complexos e a propagação artificial é a melhor forma de produzir os alevinos.

Para isto são utilizados implantes de lenta liberação de hormônio com doses de 30,5 a 64,1 g de LHRHa/kg de fêmea. Contudo, para a administração do hormônio, as fêmeas devem apresentar oócitos com diâmetro mínimo de 350  $\mu\text{m}$  (Marino et al., 2003; Kerber et al., 2012a). Para os machos não há a administração de hormônio e o sêmen é coletado com pressão abdominal. O sêmen oriundo de machos naturais ou de juvenis que passaram por processo de inversão sexual deve ser criopreservado até o momento de se realizar a fecundação (Sanches et al., 2009). Após a coleta dos óvulos o sêmen é ativado com água do mar na proporção 1 ml sêmen : 1.000 ml de água e misturado gentilmente

à massa de óvulos em recipiente contendo água do mar (33 – 35 ‰). Ao final de 3 a 5 minutos de homogeneização, deve-se deixar os ovos em repouso para se separar os ovos flutuantes (viáveis) dos ovos que afundam (não viáveis).

Os ovos são acondicionados em incubadoras cilíndricas cônicas com fluxo ascendente e contínuo de água, com intensidade suficiente apenas para manter os ovos em suspensão. A uma temperatura de 24 a 26°C é esperada a eclosão em 24 horas.

Após a eclosão, as larvas são encaminhadas para tanques circulares com densidade de estocagem de 10 larvas/L, aeração suave e utilização de sombrite, com redução de 80% de luminosidade (Sugama et al., 2008). O protocolo de alimentação ideal para a larvicultura da garoupa *E. marginatus*, é descrito por Kerber et al. (2012a). Alguns aspectos da larvicultura da garoupa verdadeira devem ser ressaltados tais como:

- 1) não há consumo de alimento até o fim do DAE 2 (dia após eclosão), apenas a absorção do saco vitelínico;
- 2) a partir do DAE 10 é marcante o desenvolvimento de espinhos dorsais e ventrais, necessitando assim de uso de baixas densidades de estocagem;
- 3) a partir do DAE 20 as larvas iniciam sua metamorfose (que pode durar até 2 semanas) modificando seu hábito pelágico para demersal, e intensifica-se a ocorrência de canibalismo, exigindo assim a seleção por tamanho das larvas;
- 4) ao final do DAE 60 pode-se obter alevinos com 2 g. Atualmente uma única empresa, a REDEMAR alevinos, em Ilhabela, SP, produz alevinos de garoupa no Brasil, os quais já são treinados para o consumo de ração inerte.

### 3.3.3. Cultivo

Alevinos de garoupas podem ser cultivados em diversas estruturas, desde viveiros escavados, tanques retangulares e circulares a tanques-rede ou

gaiolas próximos à costa (*nearshore*), em baías ou enseadas. Independentemente do sistema de cultivo utilizado, deve-se realizar uma fase de cultivo inicial (alevinagem) durante 45 a 60 dias de cultivo para que os alevinos com 1,5 a 3,0 g atinjam 15 a 20 g. Nesta fase deve ser oferecida ração comercial para carnívoros (45% PB; 13 a 16% de lipídios) com granulometria entre 1 e 2 mm na frequência de alimentação entre 4 a 6 vezes ao dia. Um manejo essencial nessa fase é o gradeamento semanal para a separação dos peixes em tanques diferentes por faixas de tamanho visando a redução do canibalismo.

Na fase de engorda utiliza-se tanto a ração comercial para carnívoros quanto o *trash fish* observando o consumo com cuidado para evitar a falta ou o excesso de alimento. O peso final esperado para garoupas cultivadas em viveiros durante 10 meses é de aproximadamente 1,0 kg (Kerber, et al., 2012b). O mesmo peso é esperado no cultivo em tanques-rede após 12 meses de cultivo para indivíduos com peso inicial entre 80 e 100 g (Sanches, 2006).

A temperatura e a salinidade são críticos para o desenvolvimento da garoupa verdadeira. Apesar da tolerância desta espécie para grandes variações de salinidade, podendo sobreviver inclusive em água doce por alguns minutos, a faixa ideal para o cultivo se situa entre 30 ‰ e 35 ‰. Em relação à temperatura da água, estudos apontaram um ganho de 0,66% do peso vivo a 26°C e 0,36% a 20°C (Kerber, 2012).

#### 3.3.4. Sanidade

Em sistemas suspensos a enfermidade mais comum observada é a ocorrência do parasito *Neobenedenia melleni*. O tratamento mais usual é o banho dos animais em água doce por 5 a 10 minutos. A frequência desse tratamento dependerá da ocorrência dessa enfermidade nas gaiolas de cultivo.

### 3.4. Robalos *Centropomus* sp.



**Figura 17.19** Exemplar adulto de camurim ou robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*).

#### 3.4.1. Aspectos gerais da espécie

Comumente conhecido na região Nordeste como camurim e nas demais regiões como robalo-flecha ou *Centropomus undecimalis* (Fig. 17.19) também é conhecido como robalo branco, robalão ou *snook* (inglês). Por sua vez, o camurim-corcunda, *Centropomus parallelus*, é conhecido nas regiões Sudeste e Sul como robalo peva ou robalo peba (Cerqueira, 2013). As duas espécies ocupam as águas litorâneas ocidentais do oceano Atlântico, desde a Flórida (EUA) até o estado de Santa Catarina (Sanches et al., 2014). Possuem uma excelente capacidade de osmorregulação e são encontrados em águas marinhas, estuarinas e doces, exceto para a sua reprodução. Na natureza o robalo-flecha chega a pesar 24,3 kg enquanto o peva chega a 4,2 kg (Szpilman, 2000).

Os camurins ou robalos são os peixes marinhos mais estudados no Brasil e o seu hábito sedentário, com baixo gasto energético favorece uma conversão mais eficiente do alimento em biomassa. Além disso, são animais gregários que podem ser criados em altas densidades de estocagem (Alvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008). Possuem hábito alimentar carnívoro com preferência por peixes e crustáceos. Sua carne branca e firme é muito apreciada na culinária o que eleva o seu valor comercial.

Estudos sobre a engorda do *C. parallelus* apontaram um baixo crescimento de 400 g em 18 meses enquanto que o *C. undecimalis* pode atingir 700 a 800 g em 12 meses (Alvarez-Lajonchère, 2004) e por este motivo, a seguir serão apresentados os detalhes sobre a reprodução e engorda do *C. undecimalis*.

### 3.4.2. Reprodução e larvicultura

Os robalos são hermafroditas protândricos (maturam inicialmente como macho e, eventualmente, podem maturar como fêmea) e não apresentam dimorfismo sexual. Cerqueira et al. (2020) recomendam no processo reprodutivo o uso de machos com 2 a 6 kg e fêmeas acima de 6 kg. Recomendam ainda a utilização de 3 machos para cada fêmea e uma densidade de estocagem nos tanques de reprodução de 2 a 3 kg/m<sup>3</sup>. Um detalhe importante é que não se recomenda a inversão sexual forçada, como uso de estrogênios para a obtenção precoce de fêmeas, uma vez que mesmo havendo a inversão do sexo, essas não serão sexualmente viáveis.

Fêmeas aptas a serem induzidas hormonalmente devem apresentar oócitos com diâmetro de 400 µm e machos devem liberar sêmen ao se realizar leve compressão abdominal no sentido crânio-caudal (Cerqueira, 2002). Para a indução hormonal e larvicultura, recomendam-se os protocolos descritos por Cerqueira et al. (2017), aplica-se uma dose única de LH-RHa (análogo ao hormônio liberador do hormônio luteinizante) de 50 g/kg para as fêmeas

e 25 g/kg para os machos. Após a aplicação do hormônio os reprodutores são devolvidos ao tanque de desova, e com temperatura de 26°C, após 36 a 60 horas, ocorre a desova e fertilização natural (Cerqueira et al., 2017). Ovos de boa qualidade (flutuantes) são coletados e levados para os tanques onde ocorrerá a larvicultura, na temperatura entre 26 a 30°C e salinidade igual a 25 ‰ e na densidade de 20 a 50 ovos/L que irão eclodir após 16-18 horas.

As larvas recém-eclodidas com 1,7 mm de comprimento não se alimentam até o 3º dia após a eclosão (DAE 3), consumindo apenas suas reservas energéticas (vitelo). A partir do primeiro dia é ofertada a microalga *Nannochloropsis oculata*, e a partir do DAE 3 ofertam rotíferos de linhagens pequenas (150 a 200 µm), em seguida (DAE 10) náuplios de artêmia no DAE 25 rações comerciais para carnívoros (60% PB) ricas em ácidos graxos de cadeia longa (n-3 e n-6). Tanto os rotíferos quanto as artêmias devem ser enriquecidos com ácidos graxos (DHA e EPA) antes de serem ofertados às larvas (Fig. 17.20). Ao final do DAE 60 os alevinos possuem 50 mm (CT) e 0,8 g. A média de sobrevivência com o manejo proposto é de 15%.

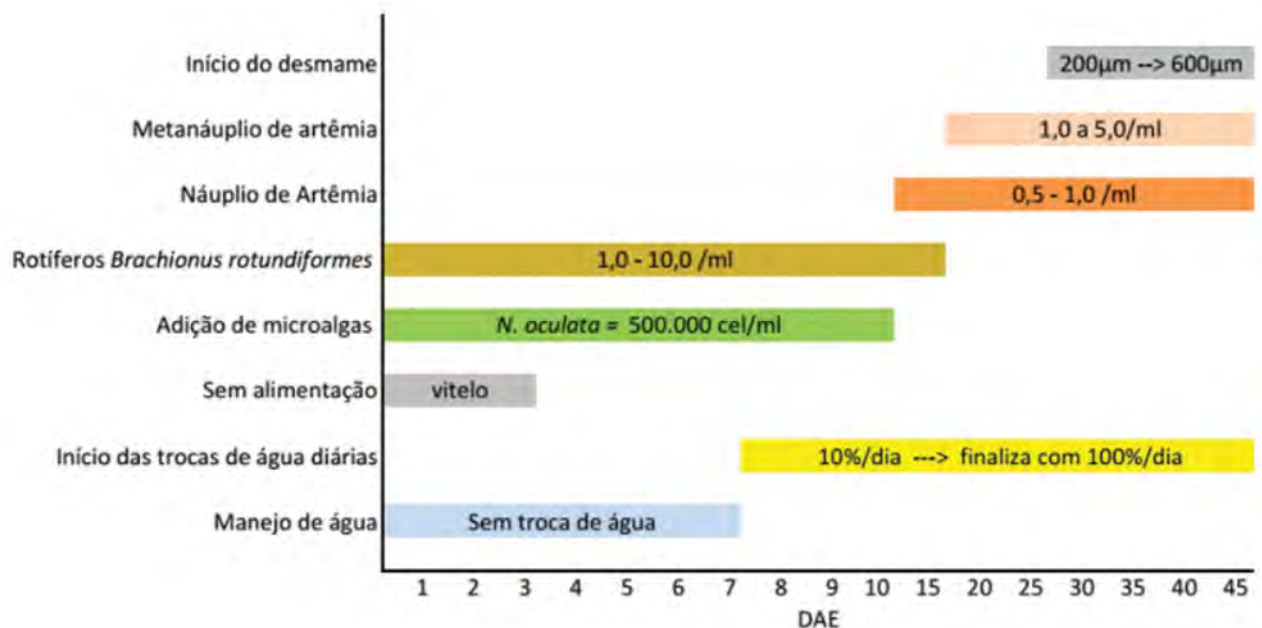


Figura 17.20 Manejo proposto para a larvicultura do *C. undecimalis*.

### 3.4.3. Cultivo

O *C. undecimalis* se adapta bem à condições ambientais diversas e cresce tão bem em água doce como em águas salobras ou salgadas (Alvarez-Lajonchère, 2004), contudo salinidades próximas à 25 ‰ são as mais recomendadas (Cerqueira, 2002). A faixa de tolerância de temperatura está entre 10°C e 35°C, e a faixa ótima entre 26°C e 28°C. Apresenta resistência a águas de elevada turbidez e prefere ambientes com pouca luminosidade e tolera concentrações de oxigênio dissolvido de 0,9 mg/l a 1,0 mg/l (Alvarez-Lajonchère, 2004).

Os robalos são cultivados em viveiros escavados ou tanques-rede costeiros. Resultados iniciais de crescimento do *C. parallelus* na região Sul na temperatura próxima a 20°C foram desanimadores e os alevinos cresceram de 0,65 g cultivados a 120 g após 15 meses (Cerqueira, 2002). Resultados mais promissores foram obtidos no México obtendo-se ao final de 2 anos animais com 820 g a partir de alevinos de 3 g (Oviedo-Pérez et al., 2013 apud Cerqueira et al., 2020). Resultados melhores foram reportados para o *C. undecimalis* com um ganho de peso igual a 2,0 g/dia e peso final de 1.000 g após 12 meses (Sanches-Zamora et al. 2003 apud Sanches et al., 2011).

### 3.4.4. Sanidade

Os principais relatos sobre sanidade de robalos apontam infestações do *C. parallelus* em tanques-redes por copépodos *Caligus* sp. e em tanques por *Neobenedenia* sp. Os tratamentos consistiram em banhos de formalina (250 ml/1.000 L) por 30 a 60 minutos e banho de água doce por 5 minutos, respectivamente (Cerqueira et al., 2020).

## 4. PERSPECTIVAS PARA A MALACOCULTURA E A PISCICULTURA MARINHA NO BRASIL

As produções de moluscos bivalves e de peixes marinhos têm potencial ainda pouco explorado no Brasil, com exceção da produção de moluscos bivalves no estado de Santa Catarina. A região Nordeste conta com grandes áreas estuarinas e deve trilhar o seu próprio caminho através de tecnologias adaptadas às suas condições naturais.

Iniciativas em andamento para a produção de moluscos bivalves na região Nordeste têm apresentados resultados promissores e já são uma realidade comercial em alguns locais, como a produção de ostras no litoral do estado de Alagoas e a produção de sementes, engorda e depuração no estuário de Guaraiás, no litoral sul do estado do Rio Grande do Norte. Entre outras iniciativas inovadoras que também prometem realizar este potencial, se destaca o cultivo do sururu em cordas (Sampaio et al., 2019a).

Além de técnicas de produção de sementes e do cultivo, é fundamental desenvolver a cadeia de produção de moluscos bivalves através do apoio às pesquisas, gestão da sanidade, monitoramento da qualidade da água das áreas de extração e cultivo e instalação de unidades de depuração certificadas que irão permitir a comercialização de produtos inócuos, ou seguros do ponto de vista alimentar, para os consumidores. Vale destacar o potencial do cultivo de cefalópodes, ainda inexplorado na região.

Diferente do cultivo de moluscos bivalves, a piscicultura marinha, via de regra, demanda investimentos maiores, contudo alguns países iniciaram, e alguns ainda continuam, produzindo larvas de forma extensiva, o que é viável no Brasil em pequenos viveiros nas próprias fazendas de camarão que retêm ovos e larvas em seus canais, bem como realizar desovas e em seguida a

larvicultura de forma extensiva ou semi-intensiva. Os juvenis podem ser cultivados em baixas densidades no cultivo de camarões para consumir os camarões doentes e moribundos e assim reduzir a disseminação horizontal de patógenos, a exemplo de algumas fazendas na Ásia.

O Brasil já conta com a produção de alevinos de algumas espécies de peixes marinhos, um dos insumos mais crítico para a piscicultura marinha. No entanto, a produção de rações ainda é um gargalo e a oferta de rações adequadas e com custos competitivos para a engorda comercial de peixes marinhos depende de pesquisas realizadas com espécies nativas no que diz respeito às exigências nutricionais em nossas condições de cultivo, além de pesquisas relacionadas às áreas como engenharia, sanidade e genética.

Tanques-rede para engorda no mar, equipamentos para o manejo, conhecimento e pessoal qualificado, são outros requisitos importantes que de certa forma já são encontrados no Brasil ou em países vizinhos e que tendem a ser mais disponíveis.

O mercado deve ser um dos principais norteadores para a busca de espécies nativas que combinem rusticidade com a adaptabilidade aos sistemas de produção já utilizados na aquicultura costeira em especial da região Nordeste do Brasil.

## REFERÊNCIAS

- Absher, T. M. **Populações naturais de ostras do gênero *Crassostrea* do litoral do Paraná – desenvolvimento larval, recrutamento e crescimento.** Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo, São Paulo. 1989. 140 p.
- Alvarez-Lajonchère, A. **Cultivo de robalos: potencialidades e resultados.** Panorama da Aquicultura, v. 14, n.85, p.15-22, 2004.
- Alvarez-Lajonchère, A., Tsuzuki, M. **A review of methods for *Centropomus spp.* (snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America.** Aquaculture Research, n. 30, p. 684-700. 2008.
- Andrade, A. B.; Machado, L. F.; Hostim-Silva, M.; Barreiros, J. P. **Reproductive biology of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834).** Brazilian Archives of Biology and Technology, v.46, n.3, p.373-381, 2003.
- Antonio, I. G. **Dimensionamento de um laboratório para a produção de sementes de moluscos bivalves, com ênfase à ostra nativa *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) na Universidade Federal Rural de Pernambuco.** Trabalho de Conclusão de curso de graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2004. 52 p.
- Antonio, I. G.; Camacho, A. P. **Reproduction of the introduced oyster *Crassostrea gigas* (Bivalvia: Ostreidae) cultured on rafts in Spain.** Acta Zoologica 100: p. 257-26, 2019.
- Antonio, I. G.; Guimarães, I. M.; Peixoto, S.; Olivera, A. **The combined effects of salinity, stocking density and frequency of water exchange on growth and survival of mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) larvae.** Arq. Ciên. Mar, Fortaleza 42(2): p. 74-80, 2009.
- Almeida, I. C. S. **Delimitação de parques aquícolas para o cultivo da “ostra nativa” *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) no litoral Norte do estado de Pernambuco – Brasil.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2006. 51 p.
- Benetti, D. D.; Orhun, M. R.; Zink, I.; Cavalin, F. G.; Sardenberg, B.; Palmer, K.; Denlinger, B.; Bacoat, D.; O’Hanlon, B. **Aquaculture of cobia (*Rachycentron canadum*) in the Americas and the Caribbean.** In: Liao, I.C., Leañó, E.M. (Eds.), Cobia Aquaculture: Research, Development and Commercial Production. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. p. 57-78, 2007.
- Benetti, D. D.; Sardenberg, B.; Welch, A.; Hoenig, R.; Orhun, M.R.; Zink, I. **Intensive larval husbandry and fingerling production of cobia *Rachycentron canadum*.** Aquaculture, v.281, p.22-27, 2008.
- Benetti, D. D.; O’Hanlon, B.; Rivera, J. A.; Welch, A.W.; Maxey, C.; Orhun, M. R.; **Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean.** Aquaculture, v.302, p. 195 – 201, 2010a.
- Benetti, D.; Sardenberg, B.; Hoenig, R.; Welch, A.; Stieglitz, J.; Miralao, S.; Farkas, D.; Brown, P.; Jory, D. **Cobia (*Rachycentron canadum*) hatchery-to-market aquaculture technology: recent advances at the University of Miami Experimental Hatchery (UMEH).** Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, p. 60 – 67, 2010b.
- Bezerra, T.R.Q.; Domingues, E.C.; Maia Filho, L.F.A.; Rombenso, A.N.; Hamilton, S.; Cavalli, R.O. **Economic analysis of cobia (*Rachycentron canadum*) cage culture in large- and small-scale production systems in Brazil.** Aquacult. Int., v. 24, p. 609–622, 2016.

Boehs, G.; Villalba, A.; Ceuta, L.O.; Luz, J.R. **Parasites of three commercially exploited bivalve mollusc species of the estuarine region of the Cachoeira River (Ilhéus, Bahia, Brazil)**. J. Invert. Pathol. 103: 43-47, 2010.

Bower, S.M.; Mcgladdery, S.E.; Price, I.M. **Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish**. Annu. Rev. Fish Dis., 4: p. 1-199, 1994.

BRASIL. **Ministério da Pesca e Aquicultura e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa Interministerial nº 07, de 08 de maio de 2012. Diário Oficial da União. Brasília/DF, p.55-59, 2012.

Brandão, R. P.; Boehs, G.; Sabry, R. C.; Ceuta, L. O.; Luz, M. S. A.; Queiroga, F. R. da Silva, P. M. **Perkinsus sp. infecting oyster *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) on the coast of Bahia, Brazil**. Journal of Invertebrate Pathology 112, p. 138–141, 2013b.

Carvalho Filho, J. **Bijupirá em viveiro de terra: Bahia Pesca obtém bons resultados em cultivo experimental**. Panorama da Aquicultura, v. 20, n.120, p. 46-49, 2010.

Castilho-Westphal, G. G. **Ecologia da ostra do mangue *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) em manguezais da Baía de Guaratuba-PR**. Tese (Doutorado)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012. 118p.

Cavalli, R.O.; Hamilton, S. **A piscicultura Marinha no Brasil: a final, quais as espécies boas pra cultivar?** Panorama da Aquicultura, v.17, n.104, p. 50-55, 2007.

Cavalli, R.O.; Domingues, E.C.; Hamilton, S. **Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios**. R. Bras. Zootec., v.40, p.155-164, 2011.

Cavalli, R. O.; Garcia, A. S. **Exigências Nutricionais e Alimentação do Beijupirá**. P. 269 – 282. In: D. M. Fracalossi, J. E. P. Cyrino, editores. 2016. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Florianópolis, SC. 2016.

Cerqueira, V. R. **Cultivo do robalo: aspectos da reprodução, larvicultura e engorda**. Florianópolis: UFSC: Ed. do Autor, 2002. 94 p.

Cerqueira, V. R. **Cultivo do robalo-peva (*Centropomus parallelus*)**. p. 489-520 In: Baldisserotto, B., Gomes, L.C. (Orgs), Espécies nativas para piscicultura no Brasil (2ª ed.). Rio Grande do Sul, Santa Maria: Editora UFSM, 2013. 608 p.

Cerqueira, V.R.; De Carvalho, C.V.A.; Sanches, E. G.; Passini, G.; Baloi, M. Rodrigues, R.V. **Manejo de reprodutores e controle da reprodução de peixes marinhos da costa brasileira**. Rev. Bras. Reprod. Animal. v.41, p. 94 – 102, 2017.

Cerqueira, V. R.; Passini, G.; Carvalho, C.; Sterzelecki, F.; Cipriano, F. **Cultivo de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) e robalo-peva (*Centropomus parallelus*)**. p.449-474 In: Baldisserotto, B. (Org.), Espécies Nativas Para a Piscicultura no Brasil (3ª ed.). Rio Grande do Sul, Santa Maria: Editora UFSM, 2020. e-book.

Chang, D. **O cultivo de bijupirá em Taiwan. Panorama da Aquicultura**, v. 13, n. 79, p. 43-49. 2003.

Chang, S. L.; Liao, I. C.; Leañó, E. M. **Nursery Rearing of Cobia in Taiwan: Problems, Recent Developments and Strategies**. In: LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. (Eds.) Cobia aquaculture: research, development and commercial production. Manila, Philippines: Asian Fisheries Society; Louisiana: World Aquaculture Society; Keelung, Taiwan: The Fisheries Society of Taiwan; and Keelung, Taiwan: National Taiwan Ocean University, p.79-88, 2007.

Christo, S.W. 2006. **Biologia reprodutiva e ecologia de ostras do gênero *Crassostrea* Sacco, 1897 na Baía de Guaratuba (Paraná–Brasil): um subsídio ao cultivo**.

da Silva, P. M.; Magalhães, A. R. M.; Barracco, M. A. **Pathologies in commercial bivalve species from Santa Catarina State, southern Brazil**. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 92(3): p. 571-579, 2012.

da Silva, P. M.; Viana, R. T.; Guertler, C.; Ferreira, L. P.; Santana, L. N.; Fernández-Boo, S.; Ramilo, A.; Cao, A; Villalba, A. **First report of the protozoan parasite *Perkinsus marinus* in South America, infecting mangrove oysters *Crassostrea rhizophorae* from the Paraíba River (NE, Brazil)**. Journal of Invertebrate Pathology 113, p. 96–103, 2013.

da Silva, P. M.; Scardua, M. P.; Viana, R. T.; Mendonça, R. C.; Vieira, C. B.; Dungan, C. F.; Scott, G. P.; Reece, K. S. **Two *Perkinsus* spp. infect *Crassostrea gasar* oysters from cultured and wild populations of the Rio São Francisco estuary, Sergipe, northeastern Brazil**. Journal of Invertebrate Pathology 119, p. 62–71, 2014.

Díaz-Muñoz, D.N.; Días, N.; Torres, O.; Leiva, J. C.; Palacios, H.; Romero, F.; Benetti, D. **Culture of cobia *Rachycentron canadum* in a recirculation aquaculture system in northern Chile**. Latin American Journal of Aquatic Research. v.47, p. 733 – 742, 2019.

EPAGRI, 2018. **Síntese Informativa da Maricultura 2017**. p. 8 Disponível em: [http://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_epagri/Cedap/Estatistica-Sintese/Sintese-informativa-da-maricultura-2017.pdf](http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_epagri/Cedap/Estatistica-Sintese/Sintese-informativa-da-maricultura-2017.pdf) Acessado em 24 de dezembro de 2020.

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2019**. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2019\\_v47\\_br\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2019_v47_br_informativo.pdf) Acessado em 08 de novembro de 2020.

- Lee, R.; Lovatelli, A. Ababouch, L. **Bivalve depuration: fundamental and practical aspects.** FAO Fisheries Technical Paper nº 511. Roma. 2008. 139 p.
- FAO 2007-2020. **Cultured Aquatic Species Information Programme. *Rachycentron canadum*.** Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by J.B. Kaiser, J.G. Holt. In: FAO Fisheries Division [online]. Rome. Updated 23 May 2007. [Cited 15 October 2020].
- FAO. 2020. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.** Sustainability in action. Rome. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca9229en> Acessado em: 08 de Novembro de 2020.
- Fernandes da Costa, A. **Fisioecologia da Ostra do Mangue de Pernambuco *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828).** Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 1975.
- Fernandes, L. B. **Aspectos Fisio-Ecológicos do Cultivo da Ostra de Mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828).** Influência da Salinidade. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 1975.
- Ferreira, J. F.; Oliveira-Neto, M. **Cultivo de moluscos em Santa Catarina.** In: Sistemas de cultivo aquícolas na zona costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e sócio-econômicos. Rio de Janeiro: BARROSO, G.F.; POERSCH, L.H.S.; CAVALLI, R.O. p 87-96, 2007.
- França, A. P. **Maturação da ostra do mangue *Crassostrea gasar* em laboratório sob diferentes condições de temperatura e salinidade.** Dissertação apresentada ao Mestrado em Recursos Aquáticos e Pesca da Universidade Estadual do Maranhão. 2020. 81 p.
- FSADU. Fundação Sousândrade de Apoio. **Plano Local de Desenvolvimento da Maricultura - PLDM's do Maranhão: Icatu, Humberto de Campos e Primeira Cruz.** São Luís. 2010.
- Funio, I. C. S. A.; Antonio, I. G.; Marinho, Y. F.; Monteles, J. S.; Lopes, R. G. P. S.; Gálvez, A. O. **Recruitment of oyster in artificial collectors on the Amazon macrotidal mangrove coast.** Ciência Rural 49(3): e20180482. 2019.
- Helm, M. M.; Bourne, N.; Lovatelli, A. **Cultivo de bivalvos em criadero.** Un manual práctico. FAO Documento Técnico de Pesca nº 471. Roma, 184 p.
- Ignacio, B. L.; Absher, T. M.; Lazoski, C.; Solé-Cava, A. M. **Genetic evidence of the presence of two species of *Crassostrea* (Bivalvia: Ostreidae) on the coast of Brazil.** Marine Biology, 136: p. 987-991, 2000.
- Kaiser, J. B.; Holt, G. J. Species profile : Cobia. **Southern Regional Aquaculture Center Publication**, number 7202, 2005.
- Kerber, C. E.; Silva, H. K. A.; Santos, P. A.; Sanches, E. G. **Reproduction and Larviculture of Dusky Grouper (Lowe 1834) in Brazil.** Journal of Agricultural Science and Technology, v.2, p. 229-234, 2012a.
- Kerber, C. E.; Santos, P. A.; Silva, P. K. A. **A criação de garoupa: um peixe indicado para a região Nordeste.** Panorama da Aquicultura, v.22, n.132, p.26-33. 2012b.
- Kumudini, I. R. **Guidelines for Sea Cage Farming in India.** National Fisheries Development Board, Krishi Bhavan – New Delhi, 2018. 32 p.
- Lauckner, G. **Diseases of Mollusca: Bivalvia.** In: KINNE, O. (ed.) Diseases of marine animals. Hamburg, Biologische Anstalt Helgoland, p. 478-961,1983.
- Lavander, H. D.; Neto, S. R. S.; Sobral, S. C.; Lima, P. C. M.; Rêgo, M. G.; Gálvez, A. O. **Manutenção e reprodução de *Anomalocardia brasiliiana* em condições laboratoriais.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias 9(2): p. 269-276, 2014.
- Lazoski, C.; Gusmão, J.; Boudry, P.; Solé-Cava, A.M. **Phylogeny and phylogeography of Atlantic oyster species: evolutionary history, limited genetic connectivity and isolation by distance.** Marine Ecology Progress Series 426: p. 197-212, 2011.
- Legat, J. F. A.; Puchnick-Legat, A.; Gomes, C. H. A. M.; Suhnel, S.; Melo, C. M. R. **Effects of salinity on fertilization and larviculture of the mangrove oyster, *Crassostrea gasar* in the laboratory.** Aquaculture 468: p. 545-548, 2017.
- Lenz, T.; Boehs, G. **Ciclo reproductivo del ostión de manglar *Crassostrea rhizophorae* (Bivalvia: Ostreidae) en la Bahía de Camamu, Bahia, Brasil.** Revista de Biología Tropical, 59: p. 137-149, 2011.
- Liao, I. C.; Huang, T. S.; Tsai, W. S.; Hsueh, C. M.; Chang, S. L.; Leañó, E. M. **Cobia culture in Taiwan: current status and problems.** Aquaculture, v. 237, p. 155-165, 2004.
- Liao, I. C.; Leañó, E. M.; Hsu, C. Y.; Ku, C. C. Marine Cage Culture of Cobia in Taiwan . p. 131 – 146. In: Liao, I.C., Leañó, E.M. (Eds.), **Cobia Aquaculture: Research, Development and Commercial Production.** Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. 2007.
- Lima, L. N. S. S.; Hamilton, S.; Bezerra, T. R. Q.; Cavalli, R. O. **Identification of areas with adequate temperature for the culture of cobia in cages along the Brazilian coast.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias. v.13, n3, p. 1 – 6, 2018.
- Marino, G.; Panini, E.; Longobardi, A.; Mandich, A.; Finoia, M. G.; Zohar, Y.; Mylonas, C. C. **Induction of ovulation in captive-reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), with a sustained-release GnRHα implant.** Aquaculture, v.219, p. 841-858, 2003.

Melo, A. G. C.; Varela, E. S.; Beasley, C. B.; Schneider, H.

**Molecular identification, phylogeny and geographic distribution of Brazilian mangrove oysters (*Crassostrea*).**

Genet Mol Biol. V. 33, p. 564–572, 2010.

Nascimento, I. A. **Reprodução da ostra do mangue *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828: um subsídio ao cultivo.** Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 1978.

Nhu, V. C.; Nguyen, H. Q.; Le, T. L.; Tran, M. T.; Sorgeloos, P.; Dierckens, K.; Reinertsen, H.; Kjørsvik, E.; Svennevig, N. **Cobia *Rachycentron canadum* aquaculture in Vietnam: Recent developments and prospects.** Aquaculture, v.315, p.20-25, 2011.

Nunes, A. J. P. (Editor). **Ensaio com o beijupirá, *Rachycentron canadum* - Resultados e Experiências do Projeto Nutrição, Sanidade e Valor do Beijupirá, *Rachycentron canadum*, Cultivado no Nordeste do Brasil.** Fortaleza: Ministério da Pesca e Aquicultura / CNPQ / UFC, 2014. 352 p

Oliveira, A. M. **Avaliação do desempenho de alevinos de beijupirá (*Rachycentron canadum*) submetidos a diferentes densidades de estocagem.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Aquicultura. 66p. Disponível em: [https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/2584/1/DesempenhoAvelinos\\_Oliveira\\_2016.pdf](https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/2584/1/DesempenhoAvelinos_Oliveira_2016.pdf) Acessado em 07 de Novembro de 2020.

Pan, J. **Um jeito taiwanês de criar bijupirá.** Panorama da Aquicultura, v.15, n. 90, p. 36 – 39, 2005.

Peregrino Jr.; R. B. Jr.; Hamilton, S.; Domingues, E. C.; Manzella Jr., J. C.; Hazin, F. H. V.; Cavalli, R. O. **Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco.** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v. 66, p.681-687. 2014.

Pie, M.R; Ribeiro, R. O.; Boeger, W. A.; Ostrensky, A.; Falleiros, R. M.; Angelo, L. **A simple PCR-RFLP method for the discrimination of native and introduced oyster species (*Crassostrea brasiliensis*, *C. rhizophorae* and *C. gigas*: Bivalvia: Ostreidae) cultured in Southern Brazil.** Aquaculture Research, v. 37, p. 1598-1600, 2006.

Ribeiro et al. **Influência da Salinidade no Desempenho do Beijupirá, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) e Avaliação da Engorda em Viveiros Escavados.** In. ENSAIOS COM O BEIJUPIRÁ, *Rachycentron canadum*- Resultados e Experiências do Projeto NUTRIÇÃO, SANIDADE E VALOR DO BEIJUPIRÁ, *Rachycentron canadum*, CULTIVADO NO NORDESTE DO BRASIL. (Nunes, A.J.P., Editor). Fortaleza: Ministério da Pesca e Aquicultura / CNPQ / UFC, 2014. P.97-116.

Robert, R.; Gérard, A. **Bivalve hatchery technology: the current situation for the Pacific oyster *Crassostrea gigas* and the scallop *Pecten maximus* in France.** Aquatic Living Resources v. 12, p. 121-130, 1999.

Sabry, R. C.; Silva, P. M.; Gesteira, T. C. V.; Pontinha, V. A.; Magalhães, A. R. M. **Pathological study of oysters *Crassostrea gigas* from culture and *C. rhizophorae* from natural stock of Santa Catarina Island, SC, Brazil.** Aquaculture, v. 60, p. 43-50, 2011.

Sabry, R. C.; Gesteira, T. C. V.; Magalhães, A. R. M.; Barracco, M. A.; Guertler, C.; Ferreira, L. P.; Vianna, R. T.; da Silva, P. M. **Parasitological survey of mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae*, in the Pacoti River Estuary, Ceará State, Brazil.** Journal of Invertebrate Pathology, v. 112, p. 24–32, 2013.

Sampaio, L. A. N.; Moreira, C. B.; Miranda-Filho, K. C.; Rombenso, A. N. **Short Communication: Culture of cobia *Rachycentron canadum* (L) in near-shore cages off the Brazilian coast.** Aquaculture Research, v. 42, p. 832-834, 2011.

Sampaio, L. A.; Tesser, M. B.; Rodrigues, R. V. **Cultivo do Beijupirá (*Rachycentron canadum*).** P. 275 – 492. In: Baldisserotto, B. Espécies Nativas Para Piscicultura no Brasil 3ªed., EdUFMS, Santa Maria, RS. 2016.

Sampaio, M. J.; Jesus, P. P.; Silva, E. O.; Azevedo, J. W. J.; Funo, I. C. S. A. **Parâmetros Produtivos de *Mytella charruana* Cultivado em Manguezais de Macromaré da Costa Amazônica, Brasil.** 2019. In: Aquicultura e pesca [recurso eletrônico] : adversidades e resultados 2 / Organizador Flávio Ferreira Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Aquicultura e Pesca. Adversidades e Resultados; v. 2). 2019a.

Sampaio, D. S.; Tagliaro, C. H.; Schneider, H.; Beasley, C. R. **Oyster culture on the Amazon mangrove coast: asymmetries and advances in an emerging sector.** Reviews in Aquaculture 11: p. 88-104, 2019b.

Sanches, E. G. **Boas perspectivas para o cultivo de meros, garoupas e badejos no Brasil.** Panorama da Aquicultura, v.16, n. 93, p. 44-51. 2006.

Sanches, E. G.; Oliveira, I. R.; Serralheiro, P. C. S. **Inversão sexual da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus*.** Rev. Bras. Saúde Prod. An., v.10, n.1, p.198-209. 2009.

Sanches, E. G.; Oliveira, I. R.; Serralheiro, P. C. S.; Ostini, S. **Cultivo do robalo-peva, *Centropomus parallelus*, em sistema de recirculação marinho.** Arquivos de Ciências do Mar, v.44, n.1, p. 40-46. 2011.

Sanches, E. G.; Silva, F. C.; D’Almeida, A. P. F. **Viabilidade econômica do cultivo do robalo-flecha em empreendimentos de carcinicultura no Nordeste do Brasil.** Bol. Inst. Pesca, v.40, n. 4, p. 577-588. 2014.



- Santos, J. J. **Aspectos da Ecologia e Biologia da Ostra *C. rhizophorae* (Guilding, 1828) na Baía de Todos os Santos.** Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 1978.
- Silveira, R. C.; Silva, F. C.; Gomes, C. H. M.; Ferreira, J. F.; Melo, C. M. R. **Larval settlement and spat recovery rates of the oyster *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) using different systems to induce metamorphosis.** Braz. J. Biol. 71(2): 557-562, 2011.
- Souza, R. C. C. L.; Fernandes, F. C.; Silva, E. P. **Distribuição atual do mexilhão *Perna perna* no mundo: um caso recente de bioinvasão.** In: Silva, J. S. V., Souza, R. C. C. L. (Org.). Água de Lastro e Bioinvasão. 1ªed. Rio de Janeiro- RJ, p. 157-17, 2004.
- Spedicato, M. T.; Lembo, G.; Di Marco, P.; Marino, G. **Preliminary results in the breeding of dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834).** Cahiers Options Méditerranéennes, n. 16, p.131-148, 1985.
- Sugama, K.; Insan, I.; Koesharuani, I. **Hatchery and growout technology of groupers in Indonesia.** p. 61-78. In: Liao, I.C., Leaño, E.M. (Eds.), The Aquaculture of Groupers. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. 2008.
- Szpilman, M. **Peixes Marinhos do Brasil: guia prático de identificação.** Mauad editora, Rio de Janeiro, RJ. 2000. 288 p.
- Tureck, C.R.. **Sementes de ostras nativas no litoral de Santa Catarina/Brasil, como subsídio ao cultivo.** Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. 140 p.
- United Nations Development Programme. Oyster Producers' Cooperative of Cananéia, Brazil. Equator Initiative Case Study Series. New York, NY. 2012.
- UFSC. Universidade Federal De Santa Catarina. **Relatório Sobre o Cultivo de Ostras. Departamento de Aquicultura, Laboratório de Cultivo de Moluscos Bivalves no Brasil,** Florianópolis – SC. 1997.
- Varela, E. S.; Beasley, C. R.; Schneider, H.; Sampaio, I.; Marques-Silva, N. S.; Tagliaro, C.H. **Molecular phylogeny of mangrove oysters (*Crassostrea*) from Brazil.** J. Molluscan Studies, v. 73, p. 229-234, 2007.

# CARCINICULTURA MARINHA E SISTEMAS MULTITRÓFICOS

18

Rodrigo Antonio Ponce de Leon Ferreira de CARVALHO<sup>1</sup>  
Karina RIBEIRO<sup>1</sup>  
Ícaro Gomes ANTONIO<sup>2</sup>  
David Araújo BORGES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
<sup>2</sup> Universidade Estadual do Maranhão - UEMA



## 1. INTRODUÇÃO

O pescado é a proteína cárnea mais consumida no mundo, à frente da carne de suínos, aves e bovinos. Em 2018, a aquicultura foi responsável pela produção de 52% das 156 milhões de toneladas de pescado consumido no mundo. No Brasil, não é muito diferente e, dependendo da base de cálculo, a participação do produto da aquicultura na mesa dos brasileiros é algo entre 42 e 52%. Ou seja, em todo o mundo se consome mais produtos da aquicultura do que da captura (FAO, 2020).

A mesma fonte aponta que a aquicultura marinha e costeira responde por 37% da produção da aquicultura no mundo em volume. Deste total, a maior fatia corresponde aos moluscos bivalves (56%), seguido pelos peixes (24%) e crustáceos (19%).

No Brasil, a piscicultura continental respondeu por 86% da produção aquícola. A carcinicultura e a malacocultura seguem muito atrás, com 10% e 4%, respectivamente. A produção da piscicultura marinha ainda não é contabilizada oficialmente em função dos baixos volumes.

A carcinicultura fornece 64%, ou cerca de 2/3, dos 10,2 milhões de toneladas de camarões (água salgada + água doce) produzidos no mundo (o camarão branco *Litopenaeus vannamei* representa 49% deste total) e, mantido o ritmo de crescimento de 6,2% dos últimos 7 anos, em 2030 deve chegar a 75%, marca já alcançada no Brasil e que deve crescer ainda mais com a estagnação da pesca e o crescimento da carcinicultura (Carvalho et al., 2020). Nos últimos 10 anos, a

área destinada à produção de camarões no Brasil duplicou, de 15.000 para 30.000 hectares (Rocha, 2019), e o setor tem experimentado uma expansão da produção através de pequenos produtores em áreas interioranas de todas as regiões brasileiras.

A carcinicultura é uma atividade industrial primária importante para diversos países da América Latina e Ásia ao promover a subsistência e a geração de empregos ao longo da sua cadeia composta pela produção de insumos (pós-larvas, rações, produtos para água, solo, energia), bens (utensílios e equipamentos) e serviços (segurança, monitoramento, certificação), essenciais às etapas indissociáveis de criação, processamento, comercialização e distribuição (Fig. 18.1). A carcinicultura produz divisas, exportações e contribui para a redução da pobreza nos países em desenvolvimento graças ao seu alto valor comercial que permite aos produtores adquirirem produtos de menor valor em outros países e assim estabelecer uma indústria genuinamente globalizada.

A despeito de sua complexidade, os ambientes marinhos e costeiros representam uma nova fronteira com um enorme potencial para a produção de alimentos saudáveis, sem depender da água doce. O seu uso sustentável criará ainda mais oportunidades para as comunidades em toda a costa brasileira, aliviará os esforços sobre as atividades pesqueiras e contribuirá para um maior consumo de pescado no país e, conseqüentemente, para a melhoria da saúde do brasileiro.

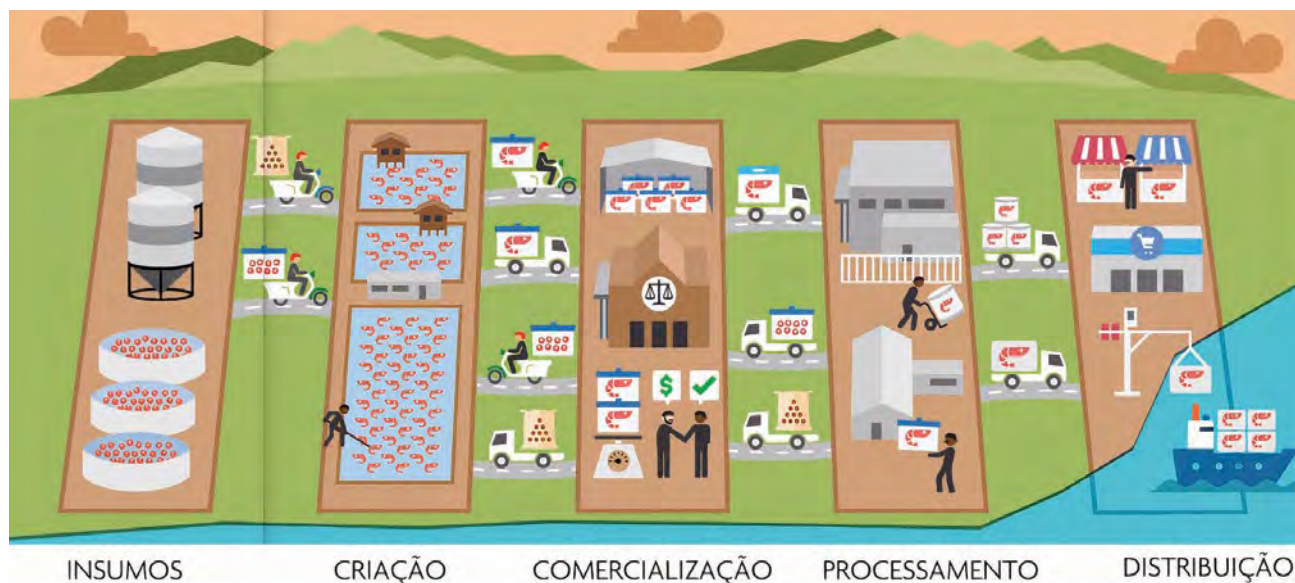


Figura 18.1 Esquema da cadeia produtiva da carcinicultura. Fonte [www.kontali.no](http://www.kontali.no).

Nos próximos tópicos discutiremos sobre como realizar o potencial da aquicultura brasileira através da carcinicultura marinha.

## 2. HISTÓRICO E BIOLOGIA DO CAMARÃO MARINHO

### *Litopenaeus vannamei*

#### 2.1. Histórico da carcinicultura marinha

##### 2.1.1. No mundo

O cultivo de camarões foi durante muitos anos um produto secundário da criação de peixes na Ásia e a carcinicultura moderna deu o seu grande salto em 1934 quando o Dr. Motosaku Fujinaga (também conhecido como Dr. Hudinaga) do Japão, completou o ciclo de vida do camarão *Marsupenaeus japonicus*, em laboratório. Em 1963, Fujinaga construiu dois tanques e fez o primeiro cultivo semi-intensivo em seguida transferiu a tecnologia japonesa para os Estados Unidos e Taiwan e posteriormente para outros países da Ásia e das Américas (Chamberlain, 2010).

##### 2.1.2. No Brasil

A carcinicultura marinha no Brasil iniciou em 1973 com os primeiros estudos sobre o cultivo de camarões através da Companhia Souza Cruz na Baía de Sepetiba, RJ, com o *Litopenaeus schmitti*. Aproximadamente dois meses após esta iniciativa o Núcleo de Pesquisas Marinhas do Banco de Desenvolvimento do Rio Grande do Norte, que mais tarde seria a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) iniciou a suas pesquisas com o *Farfantepenaeus brasiliensis*, substituído entre 1976 e 1978 pelo camarão *Marsupenaeus japonicus*, conhecido como *kuruma prawn*, que se mostrou inadequado devido à sua baixa tolerância às condições ambientais da região Nordeste. Na região Sul, as primeiras experiências em laboratório foram realizadas com a espécie *Farfantepenaeus paulensis* pela Associação de Crédito e Assistência Pesqueira de Santa Catarina (ACARESC) (Silva & Nogueira, 1988).

A criação dos camarões nas fazendas era realizada em grandes viveiros de 20 a 80 ha, em sistema extensivo, em baixa densidade e apenas com a alimentação natural dos próprios viveiros fertilizados

(Amaral et al., 2003). Entre 1983-1984 foram introduzidas as espécies *Litopenaeus vannamei* (camarão do Pacífico, branco ou cinza), *Litopenaeus stylirotris* (camarão azul do pacífico), *Fenneropenaeus penicillatus* (camarão da cauda vermelha) e em 1985 foram realizadas tentativas de cultivo com as espécies nativas *F. paulensis*, *F. subtilis* e *L. schimittii* (Silva & Nogueira, 1988; Guerrelhas, 2003). Entretanto os níveis de produtividade de 500 a 800 kg/ha/ano obtidos até então não eram satisfatórios. A falta de uma ração comercial adequada às exigências nutricionais destas espécies foi um dos principais obstáculos para o baixo desempenho dos animais e o alto custo do insumo fez com que os produtores voltassem a optar pelo sistema extensivo (Amaral et al., 2003).

Inicialmente restrita às fazendas Maricultura da Bahia e Valença da Bahia Maricultura, a espécie *Litopenaeus vannamei* começou a se espalhar pelo Brasil já no início da década de 1990 e em pouco tempo provou ser a espécie que iria levar a indústria ao salto tecnológico que se esperava, graças à sua resistência e facilidade de adaptação às nossas condições naturais (Amaral et al., 2003). Combinada à estas características, a evolução da qualidade de

rações balanceadas foi fundamental para o alcance de ganhos de produtividade cada vez maiores com taxas de conversão alimentar aparente melhores.

## 2.2. Biologia da espécie

O camarão *Litopenaeus vannamei* (camarão branco do Pacífico), ocorre no Oceano Pacífico Oriental, do Norte do Peru até o México (Rodríguez et al., 2007). O seu ciclo de vida inicia com a migração dos adultos em busca de águas oceânicas (Fig. 18.2), onde os náuplios eclodem e se deslocam à medida que sofrem metamorfoses para os estágios larvais seguintes em direção aos estuários ricos em alimento onde crescem e iniciam a migração para o mar aberto para um novo ciclo (Treece, 2000).

### 2.2.1. Comportamento alimentar

O *Litopenaeus vannamei* é uma espécie bentônica de hábito alimentar onívoro. Para capturar o alimento utiliza os três primeiros pares de pereiópodos, que são quelados, e os segura com os endópodos dos maxilípedes. Até oito peletes podem ser segurados, mas apenas um é inserido verticalmente na boca, onde as mandíbulas o mastigam friccionando

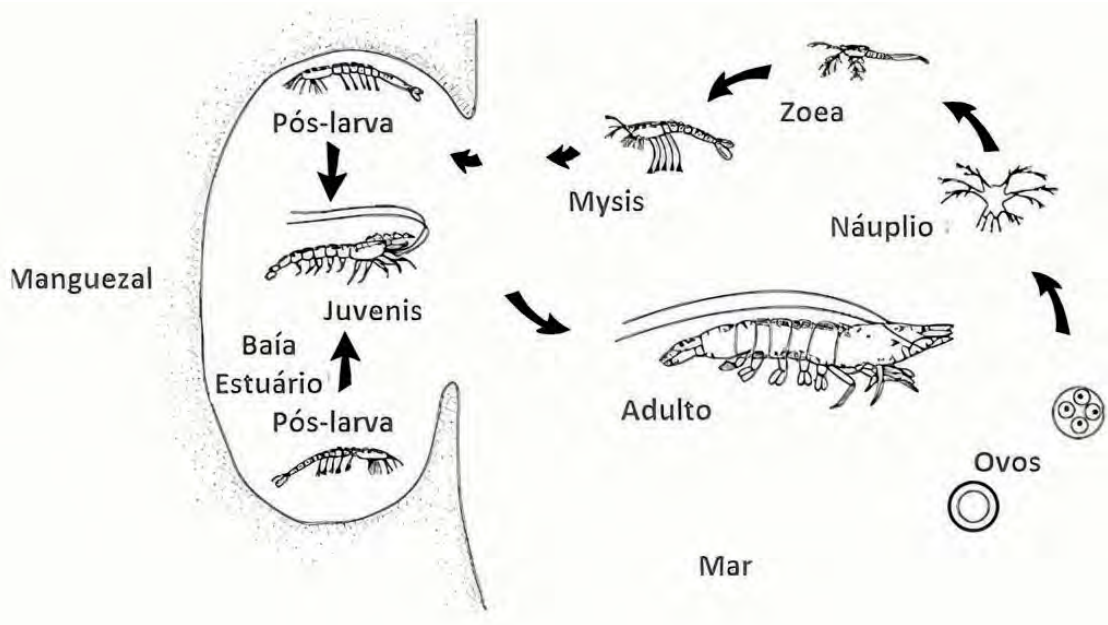


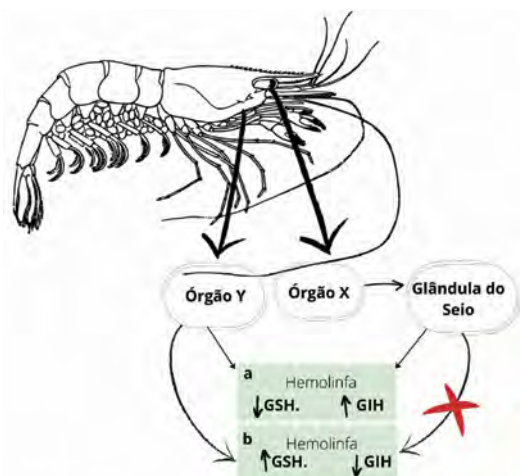
Figura 18.2 Ciclo de vida dos camarões penéideos. Adaptado de Treece (2000).

e vibrando uma contra a outra antes de ingerir e triturá-los através das partes calcificadas do estômago (Ceccaldi, 1997; Kawamura et al., 2018).

### 2.2.2. Reprodução

O sistema reprodutivo da fêmea do *Litopenaeus vannamei* consiste de um par de ovários, ovidutos, gonóporos e o tético localizado entre o 4º e 5º par de pereiópodos. Uma fêmea de *L. vannamei* com aproximadamente 40 g produz cerca de 200 mil ovos. O sistema reprodutor masculino consiste em dois pares de testículos, ductos deferentes, ampola seminífera e gonóporos e petasma. Os gametas masculinos são contidos em uma massa gelatinosa denominada espermatóforo.

A maturação das fêmeas é visível pela coloração laranja dos ovários maduros através da carapaça. O ciclo de maturação ocorre naturalmente a cada 25 a 30 dias e o processo é acelerado por meio da ablação unilateral do pedúnculo ocular, que consiste na remoção do centro hormonal formado pelo complexo órgão "X"/glândula do seio. Este órgão é responsável por controlar a reprodução a partir da produção e armazenamento do hormônio inibidor da gônada (GIH). Com a ablação, é favorecido o aumento da concentração do hormônio estimulador da gônada (GSH), produzido pelo órgão "Y", acelerando a processo de maturação (Fig. 18.3).



**Figura 18.3** Órgãos envolvidos na maturação gonadal de fêmeas de *L. vannamei*, evidenciando produção de GIH e GSH pelo órgão "X"/Glândula do seio e pelo órgão "Y", respectivamente.

Em situação normal as concentrações de GIH são balanceadas pelo órgão "X"/Glândula do seio atrasando a maturação (Fig. 18.4A). A redução desse hormônio, aumenta as concentrações de GSH e acelera o desenvolvimento dos ovários (Fig. 18.4B). A reprodução comercial do *L. vannamei* também pode ocorrer sem a ablação do pedúnculo ocular das fêmeas através da manipulação nutricional e ambiental e, tanto experiências passadas, como estudos mais recentes apontam algumas vantagens desta prática para a qualidade das pós-larvas e resistência a doenças (Juarez et al., 2003; Zacarias et al., 2021).

Na cópula, o macho corteja a fêmea, madura e na intermuda, se posicionando de cabeça para baixo, embaixo e paralelo à fêmea e a agarrando com o pereiópodo para então transferir o espermatóforo para o tético da fêmea por 2 segundos. Após 3 a 4 horas ocorre a liberação dos óvulos através do oviduto localizado no terceiro par de pereiópodos e a sua fertilização com os espermatozoides que são liberados mediante a compressão destes pereiópodos (Yano et al., 1988; Juarez et al., 2003) (Fig. 18.4).



**Figura 18.4 A)** Vesícula seminífera e gonóporo (seta) do macho e **B)** espermatóforo aderido ao tético (estrela) da fêmea, em reprodutores de *L. vannamei*.

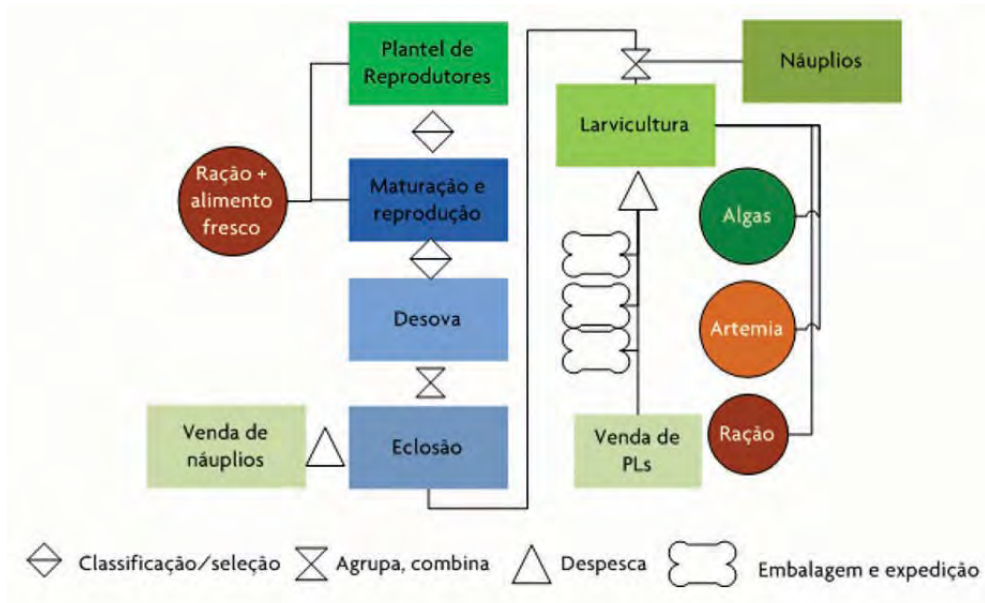
### 3. REPRODUÇÃO DO CAMARÃO MARINHO *L. vannamei*



**Figura 18.5** Vista aérea da Larvicultura de camarões marinhos Aquasul, na praia de Barreta, em Nísia Floresta-RN. **Foto** Aquasul Camarão Marinho.

Os laboratórios que produzem as pós-larvas (PLs) de camarões marinhos são organizados em setores distintos para reprodutores, cultivo das larvas, produção de alimento vivo e áreas de apoio.

A produção inicia com reprodutores ou náuplios adquiridos de outras empresas e se encerra com a despesca e venda das PLs (Figs. 18.5 e 18.6).



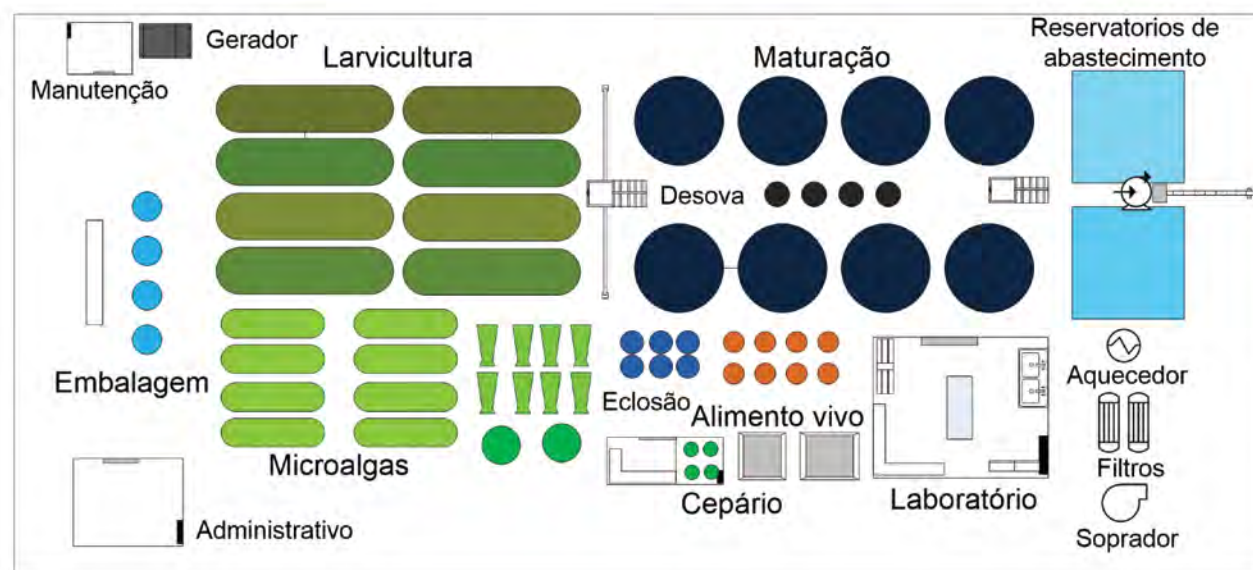
**Figura 18.6** Fluxograma do processo de produção de pós-larvas de camarões marinhos.

### 3.1. Dimensionamento e estrutura da larvicultura

O dimensionamento de uma larvicultura comercial de camarões marinhos deve levar em conta a quantidade de pós-larvas que se deseja produzir e a fatia do mercado que se deseja atingir; o capital disponível para investimento; a área disponível para construção e se as pós-larvas serão produzidas a partir de reprodutores ou de náuplios adquiridos de outras empresas. Larviculturas de grande e de pequeno porte possuem uma produção mensal superior a 50 milhões de pós-larvas

por mês e inferior a 10 milhões de pós-larvas, respectivamente (Juárez & Fegan, 2006).

A estrutura para a produção de pós-larvas de camarões marinhos compreende o tratamento e a armazenagem da água salgada e doce, filtros, trocadores de calor, aeração, tanques de maturação, larvicultura e alimentos vivos, laboratório de análises, embalagem e expedição das pós-larvas (Fig. 18.7). Protocolos de biossegurança devem ser adotados desde a concepção do projeto até a sua operação diária (ABCC, 2020d).



**Figura 18.7** Layout ilustrativo de uma larvicultura de camarões marinhos contendo os setores de maturação, larvicultura, produção de microalgas, alimentos vivos (eclosão de náuplios de *Artêmia*), setores de apoio e equipamentos.

### 3.2. Maturação

O setor de maturação, via de regra, possui o fotoperíodo invertido para adequar a rotina de trabalho aos horários de acasalamento e desova dos camarões e são abastecidos com água com qualidade oceânica, de preferência, filtrada, desinfetada e aquecida ou resfriada para manter a temperatura próxima a 28°C. Os reprodutores selecionados são estocados em tanques de maturação, circulares ou quadrados, com

capacidades entre 20 m<sup>3</sup> a 50 m<sup>3</sup> na proporção de 1 fêmea para 1 a 1,5 machos resultando em 5 a 15% de acasalamentos/dia (Fig. 18.8). Para estimular a maturação e produzir pós-larvas saudáveis, os reprodutores precisam estar bem nutridos e a alimentação consiste em ração e moluscos frescos tais como lulas, ostras e mariscos (Juarez et al., 2003).





**Figura 18.8** Tanques de reprodutores **A)** contendo aeração (→) e **B)** evidenciando o plantel de reprodutores realizando a cópula.  
**Fotos** Aquasul Camarão Marinho.

### 3.3. Desova e eclosão

As fêmeas podem ser estocadas em tanques de desova individuais, com capacidades entre 100 e 500 L, ou coletivas em tanques de 10 m<sup>3</sup> a 50 m<sup>3</sup>. Até 12% das fêmeas do plantel desovam por dia e os ovos coletados são contados e lavados com produtos bactericidas (Guerrelhas, 2003). No setor de eclosão os ovos são estocados em tanques cilindro-cônicos com aeração e volumes de 100 a 600 L até a eclosão dos náuplios, 10 a 12 horas após a fecundação (Fig. 18.9).

### 3.4. Larvicultura

O setor de criação das larvas é composto por tanques retangulares com fundos meia cana e capacidades entre 5 e 100 m<sup>3</sup>, sendo 20 m<sup>3</sup> o tamanho mais comum. Os tanques de larvicultura podem ser operados em fase única ou binária (Tab. 18.1).



**Figura 18.9** Tanques de desova de larvicultura comerciais.  
**Foto** Potiporã Samaria Unidade de Pós Larvas LTDA.

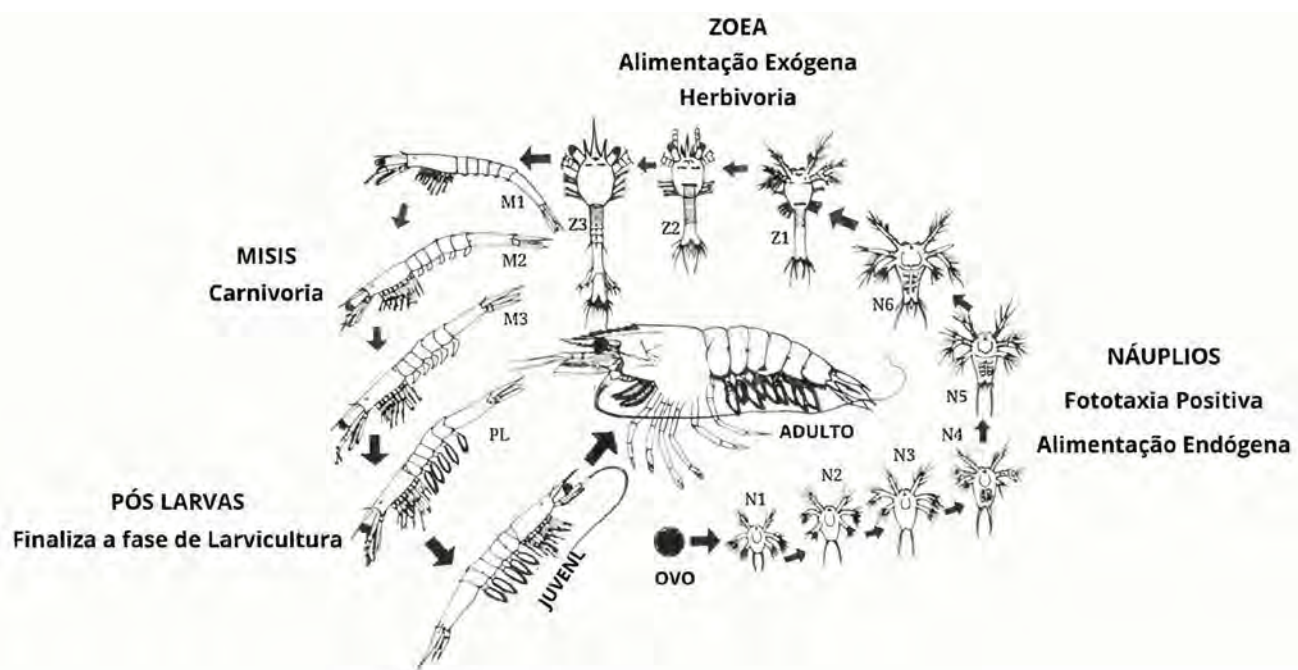
**Tabela 18.1** Estágios de desenvolvimento, densidades de estocagem em larvas por litro e sobrevivências aproximadas nos sistemas de cultivo em fase única e binária.

Fase	Estágio de desenvolvimento	Densidade (Larvas/L)	Sobrevivências
Única	Náuplios a PL 10	100 - 250	30% a 60%
Binária	Náuplio a PL 1	120 - 400	40% a 70%
	PL 2 a PL 10	40 - 150	40% a 70%

Após a sua eclosão os camarões passam por 12 estágios e sub-estágios larvais com características e necessidades distintas até se tornarem pós-larvas (Fig. 18.10). Na fase de náuplio, as larvas se nutrem exclusivamente das reservas em seus sacos vitelínicos.

Antes mesmo da fase Zoea são inoculadas microalgas, **ex:** *Thalassiosira* sp., menores do que 100 micrômetros para a sua alimentação e à medida

que crescem, outras espécies maiores, como a *Tetraselmis chuii* são incorporadas ao cultivo até a fase final de pós-larvas. Devido ao seu hábito alimentar carnívoro, as larvas na fase de Misis, são alimentadas com náuplios de *Artemia* sp. vivos e congelados até a fase de pós-larva. A transição para a dieta inerte, líquida ou seca, pode ocorrer a partir de Z1, sempre combinada ao alimento natural, e com granulometrias compatíveis com o tamanho dos animais (D'Abramo et al. 2006) (Tab. 18.2).



**Figura 18.10** Estágios e subestágios larvais do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* destacando as características no estágio de Zoea: corpo alongado (Z1), olhos pedunculados (Z2) e rostrum (Z3); Misis: movimentos natatórios para frente (M1), surgimento dos pleópodos (M2) e urópodos bilobados (M3); pós-larva (PL) morfologia semelhante ao camarão adulto. **Adaptado** [shrimpreproduction.weebly.com](http://shrimpreproduction.weebly.com).

**Tabela 18.2** Esquema ilustrativo da alimentação por fase larval durante a larvicultura do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*.

Alimento / fase	Dias de cultivo																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Alimento / fase	Náuplio			Zoea			Misis					Pós-larva										
<i>Thalassiosira</i> sp.	█																					
<i>Tetraselmis</i> sp.						█																
Artemia congelada								█														
Náuplio de Artemia						█																
Ração < 50 µm	█																					
Ração 50 a 125 µm				█																		
Ração 100 a 200 µm									█													
Ração 200 a 300 µm													█									
Ração > 400 µm																			█			

A despeito da preferência das larvas de crustáceos por organismos móveis, as dietas micro encapsuladas ganham cada vez mais espaço nas larviculturas de camarões, porém o manejo precisa ser cuidadoso para que as sobras não afetem a qualidade da água, o desempenho dos animais e os custos (Langdon, 2003).

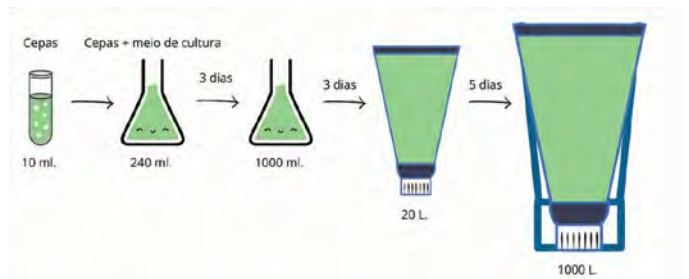
As pós-larvas são cultivadas até o estágio de PL 10 a 12 em tanques externos, dotados de aeração constante e cobertura para a manutenção de temperaturas elevadas e constantes (Fig. 18.11).



**Figura 18.11** Tanques de cultivo de pós-larvas de camarão marinho em escala comercial. Foto Aquasul Camarão Marinho.

### 3.5. Alimento vivo - microalgas

A produção de microalgas é realizada em sistema de batelada e inicialmente ocorre em ambiente climatizado (20 a 23°C) com iluminação constante (intensidade de 1000 lux) a partir de cepas mantidas em condições controladas no Cepário. O cultivo inicia em tubos de 20 ml que são repicados de forma escalonada até sacos ou garrafas de 20 L e destes para a produção massiva em reservatórios de 500 a 1.000 L e tanques de até 10 m<sup>3</sup> (Figs. 18.12 e 18.13). No Brasil, as larviculturas comerciais fazem uso, principalmente, das seguintes microalgas: *Tetraselmis chuii*, *Chaetoceros gracilis*, *Thalassiosira* sp., *Navicula* sp., *Dunaliella* sp. e *Amphora* sp.



**Figura 18.12** Ilustração das etapas do cultivo de microalgas escalonado.



**Figura 18.13** Laboratórios de cultivo de microalgas: **A)** cultivo inicial em erlenmeyers, **B)** segunda etapa em sacos plásticos, **C)** terceira e **D)** quarta etapa, massivas, em tanques na área externa. **Foto A)** Aquasul Camarão Marinho. **Foto B)** Potiporã Samaria Unidade de Pós-Larvas LTDA.

### 3.6. Alimento vivo - *Artemia*

Os náuplios de *Artemia* eclodem após a hidratação dos cistos por 24 horas, em tanques cilíndrico-cônicos de fundo claro, semelhantes aos tanques maiores da figura 18.9, são atraídos pela luz, concentrados e adicionados em quantidades controladas nos tanques de larvicultura ou armazenados em baixa temperatura para uso posterior (Fig. 18.14). Os náuplios podem ainda passar por um processo de enriquecimento com emulsões ricas em ácidos graxos poli-insaturados para aumentar o seu valor nutricional.



**Figura 18.14** Náuplios e cistos de *Artemia*. Náuplios no estágio Instar I são menores, marrom escuros e têm apêndices menos desenvolvidos que os Instar II (Divino & Schultz, 2014).

### 3.7. Despesca e expedição

O transporte das pós-larvas até o seu destino deve ser realizado segundo as recomendações quanto ao acondicionamento (sacos ou caixas de transporte) (Fig. 18.15), densidade de estocagem, duração da viagem e temperatura da água. Para um transporte com duração de até 8 horas é recomendada a manutenção da temperatura em 24°C e uma densidade de 1.000 PLs/litro em 16 litros de água em um saco plástico com capacidade para 50 L (ABCC, 2012). Nas fazendas, as PLs são estocadas nos berçários ou nos viveiros de engorda.



**Figura 18.15** Transporte de pós-larvas em caixas de transporte, supridas por oxigênio. **Foto** Aquasul Camarão Marinho.

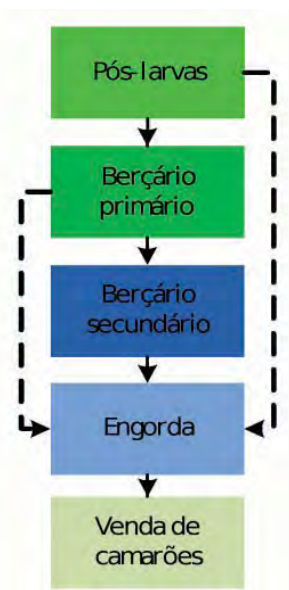
## 4. ENGORDA DOS CAMARÕES MARINHOS

As tecnologias desenvolvidas através das pesquisas públicas e privadas impulsionaram o segundo salto tecnológico da carcinicultura no início dos anos 2000 através da nutrição, genética, biotecnologia, engenharia, reciclagem e biorremediação através de pré e probióticos aplicados em sistemas de bioflocos, simbióticos, aquamimicry, sistemas de aquicultura em recirculação (*Recirculating Aquaculture System*, RAS) (Fig. 18.16), entre outras denominações.

Os sistemas de cultivo sejam extensivos, semi-intensivos ou intensivos, podem ser realizados em fases distintas, sendo: i. 1 fase ou monofásico no qual as pós-larvas são povoadas diretamente no viveiro (povoamento direto), ii. 2 fases ou bifásico quando as pós-larvas são estocadas em um tanque berçário primário antes de serem estocadas no viveiro de engorda e iii. 3 fases ou trifásicos, quando as pós-larvas são estocadas no berçário primário, seguido por um berçário secundário, ou *raceway*, onde passam por uma pré-engorda e depois os juvenis são estocados no viveiro de engorda (Fig. 18.17).



**Figura 18.16** Vista aérea da Fazenda Cana Brava, Barra do Cunhaú-RN. **Foto** Camanor Produtos Marinhos S.A.



**Figura 18.17** Fluxograma das fases de engorda de camarão em sistemas de produção de camarões marinhos.



**Figura 18.18** Fatores que influenciam na produtividade e nos custos da criação de camarões em berçários. Adaptado de ABCC (2012), Scopel e Silva (2016) e Browdy et al. (2017).

## 4.1. Cultivo em berçários primários

Os tanques berçários, também chamados de berçários primários, começaram a ser utilizados nas fazendas de camarão do Brasil no início da década de 1990. O seu menor tamanho comparado aos viveiros resulta em maior produtividade e menores custos, em função dos fatores listados na figura 18.18.

### 4.1.1. Estrutura

Os tanques berçários são dimensionados para suprir a demanda por pós-larvas dos berçários secundários ou dos viveiros. A sua capacidade varia entre 10 m<sup>3</sup> a 100 m<sup>3</sup> (Scopel & Silva, 2017), formatos circulares, quadrados ou retangulares, como raceways e construídos em alvenaria, fibra de vidro, madeira ou armação com lonas. Os berçários possuem aeração 24 horas e devem contar com um gerador (Fig. 18.19).

A instalação de estufas reduz as oscilações de temperatura e a mantém próxima a 30°C, o que contribui para reduzir os sinais clínicos e as mortalidades causados pelo vírus da mancha branca (Wongmaneeprateep et al., 2010). Por outro lado, temperaturas acima de 30°C podem servir de gatilho



**Figura 18.19** Berçários primários utilizados na primeira fase da criação do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* na Maricultura Cutia, Pedra Grande-RN. Foto Origenes Monte.

para surtos causados pelo vírus da mionecrose infecciosa (IMNV) (Tang et al., 2019).

### 4.1.2. Manejo

O sucesso do cultivo das pós-larvas em berçários depende da estrutura existente, da qualidade das pós-larvas e do manejo que será realizado. Estes aspectos são organizados em etapas que devem ser seguidas pelos técnicos responsáveis pela unidade (Fig. 18.20).



**Figura 18.20** Etapas para a criação de pós-larvas de camarões marinhos em berçários intensivos.

#### 4.1.3. Limpeza e sanitização

A primeira etapa para a realização do cultivo nos tanques berçários é a sua limpeza e sanitização. Para isto, o responsável deve estar equipado com Equipamentos de Proteção Individual (EPI) toda a estrutura de aeração do tanque deve ser retirada, limpa e sanitizada, o fundo e a parede do tanque devem ser raspados e escovados para retirar as incrustações e sujidades. Em seguida é realizado o enxágue seguido pela sanitização e um novo enxágue para a retirada dos resíduos do sanitizante, a secagem e a montagem do sistema de aeração (ABCC, 2012).

#### 4.1.4. Abastecimento




O cultivo das pós-larvas realizado com água fertilizada estimula a produção do plâncton no próprio tanque servindo como um alimento complementar para as pós-larvas. Este sistema é chamado de autotrófico e quando a água do cultivo é fertilizada previamente com compostos nitrogenados e/ou ração + fontes complementares de carbono, como melaço ou açúcar, e praticamente sem a presença de microalgas o sistema é chamado de heterotrófico. Um misto destes dois sistemas é chamado de mixotrófico.

O abastecimento do tanque deve ser realizado cerca de 5 dias antes do seu povoamento para que a população planctônica e microbiana cresça sem resultar em uma degradação precoce da qualidade da água ao longo do cultivo. Para prevenir a introdução e disseminação de doenças, o protocolo de biossegurança da fazenda deve prever a filtração e/ou desinfecção da água de abastecimento dos tanques berçários. A água dos berçários pode receber um inóculo de água maturada de um viveiro, de outro berçário ou de uma cultura de microalgas. Também é importante realizar a correção da alcalinidade, o balanço iônico e adicionar probióticos, quando necessário.

#### 4.1.5. Estocagem e aclimação

Os tanques berçários são estocados no estágio de PL10 a PL12 com peso médio entre 2 e 10 mg e densidades entre 5 e 30 PLs por litro durante 15 dias. O primeiro passo para a aquisição das pós-larvas é realizar o contato prévio com a larvicultura para acertar os detalhes da compra no que diz respeito à quantidade, estágio larval e a salinidade da água para a aclimação. No dia da entrega, respeitada a política de acesso do laboratório, é recomendado o acompanhamento da expedição das pós-larvas para a avaliação dos parâmetros listados abaixo (Figs. 18.21 e 18.22).

## Avaliação da Qualidade das pós-larvas

<b>Tamanho e peso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>—• Tamanho e peso PL/g</li> <li>—• Uniformidade</li> <li>—• Crescimento x idade</li> </ul>		
<b>Morfologia e cor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>—• Formato e deformações</li> <li>—• Translúcida e pigmentos normais</li> <li>—• Brânquias bem desenvolvidas</li> </ul>		
<b>Comportamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>—• Natação contra a corrente</li> <li>—• Não agrupadas</li> <li>—• Reagem aos estímulos</li> </ul>		
<b>Sanidade / nutrição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>—• Relação músculo intestino</li> <li>—• Intestino repleto</li> <li>—• Carapaça e apêndices limpos</li> <li>—• Resistência ao estresse</li> </ul>		

**Figura 18.21** Parâmetros para a avaliação da qualidade das pós-larvas de camarão marinho *L. vannamei*.

Esta avaliação deve ser realizada diariamente durante todo o período de criação dos animais nos berçários. Informações mais detalhadas sobre as formas de avaliação da qualidade de pós-larvas podem ser encontradas em FAO (2003), ABCCAM (2012, 2016).



**Figura 18.22** Avaliação da sanidade, nutrição e comportamento das pós-larvas no berçário da fazenda Potiporã, em Pendências-RN. **Foto** Samaria Camarões Ltda.

Previamente à chegada das pós-larvas na fazenda, a estrutura de aclimação, incluindo a equipe, caixas, sistema de aeração e equipamentos deve

estar preparada e a aclimação deve ser realizada adicionando a água do tanque de destino à água de origem aos poucos, respeitando a recomendação para os ajustes na salinidade, temperatura e pH, os quais devem ser monitorados ao longo do processo, bem como os cuidados com a sanitização, densidade e alimentação das pós-larvas (ABCC, 2012).

#### 4.1.6. Manejo da qualidade da água

A qualidade da água deve ser monitorada regularmente ao longo de todo o cultivo, quanto aos níveis de oxigênio dissolvido, temperatura, pH, amônia, nitrito, fosfato, salinidade, alcalinidade e nitrito (Scopel & Silva, 2017). Nos cultivos em águas com baixa alcalinidade e/ou oligohalinas (baixa salinidade) será necessário analisar os íons Ca, Na, K, Mg para avaliar a necessidade de um balanço iônico para o *L. vannamei*.

O manejo da qualidade da água no berçário compreende basicamente a renovação e a correção do pH e da alcalinidade e, em casos específicos, o balanço iônico, a adição de carbono para aumentar a população de bactérias heterotróficas e reduzir



os níveis tóxicos de amônia em sistemas BFT (*Biofloc Technology*) e RAS e a biorremediação e biocontrole com probióticos para melhorar a qualidade da água, a biota gastro-intestinal e o sistema imune das pós-larvas (Tab. 18.3).

#### 4.1.7. Manejo alimentar

A dieta das pós-larvas no berçário deve atender às suas exigências nutricionais, possuir granulometria adequada ao tamanho dos animais, além de ser atrativa, palatável, ter estabilidade na água e alta

digestibilidade. Níveis de proteína e lipídios brutos iguais a 40 e 9%, respectivamente, atendem de forma satisfatória as necessidades dos animais ao longo do período de 15 até 40 dias (Tab. 18.4) (Browdy, 2017b) até atingirem 3 g. Outros nutrientes como aminoácidos, ácidos graxos, minerais e vitaminas também devem apresentar níveis compatíveis com as exigências das pós-larvas. No Brasil, os camarões são criados em berçário por 15 dias quando atingem um peso médio entre 20 e 50 mg, o equivalente ao estágio 2.

**Tabela 18.3** Parâmetros de qualidade da água recomendados para o cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*. Adaptado de: Lin e Chen (2001, 2003); ABCC (2012), Samocha et al. (2017).

Parâmetro	Ideal	Frequência	Observações
Temperatura °C	28 - 31	2x/dia	< 30 ↑ risco WSSV e >30 ↑ risco
Oxigênio dissolvido mg/L	> 4	2x/dia	.....
Alcalinidade mg/L	> 80	1x/semana	
Salinidade ppt	20 - 35	1 a	Faixa de sobrevivência = 0,5 a 80
pH	7,2 - 8,2	1 a	7 a 9 (evitar oscilações > 0,5)
Amônia não-ionizada mg/L	1 a 3	1 a	<0,2 (crônica), 2 (aguda)
Nitrito mg/L	26	1 a	2x em BFT e RAS
Nitrato mg/L	400	1 a	2x em BFT e RAS
Transparência	35 - 50	1 a	
Sólidos suspensos (SS) ml/L	10 - 14	1 a	Apenas em sistemas BFT e RAS
Sólidos dissolvidos totais (SDT)	250 - 350	1 a	Apenas em sistemas BFT e RAS
Turbidez NTU	75 - 200	1 a	Apenas em sistemas BFT e RAS

Estágio	1	2	3	4	5
Peso mg	2 a 10	10 a 100	100 a 400	400 a 1,5g	1,5 a 3g
Pelete mm	0,4 a 0,6	0,6 a 0,85	0,85 a 1,2	1,5	2
Proteína g kg <sup>-1</sup>	400	400	400	380	360
Lípídeos g kg <sup>-1</sup>	100	90	90	70	70
Fibra bruta g kg <sup>-1</sup>	40	40	40	40	40
Material mineral g kg <sup>-1</sup>	Até 140				
Umidade g kg <sup>-1</sup>	Até 100				
Energia MJ kg <sup>-1</sup>	17	17	17	16	16

**Tabela 18.4** Programa de alimentação de pós-larvas e juvenis do camarão *L. vannamei* em 5 estágios de desenvolvimento e faixas de peso em relação ao tamanho de pelete, composição centesimal e energia. Adaptado de Lupatsch et al. (2008); Shankar et al. (2014); Yun et al. (2015); Browdy et al. (2017b); Lee et al. (2018).

A ração deve ser ofertada de preferência em intervalos de 2 horas manualmente ou por meio de alimentadores automáticos. A tabela de alimentação do fabricante pode servir de parâmetro para as primeiras alimentações, mas é recomendado que a quantidade de ração seja ajustada ao consumo mediante a análise das sobras de ração no tanque ou em bandejas indicadoras, da presença de ração no intestino das pós-larvas, do crescimento, do FCA no período e da sobrevivência estimada. O uso de alimentos frescos, como biomassa de *Artemia* deve ser restrito em função dos riscos sanitários, bem como complementos como o farelo de soja que irão deteriorar a qualidade da água.

Na ocasião da despesca, as PLs são contadas, retiradas dos berçários com puçás e/ou sifonamento e transferidas para o tanque de destino. O transporte pode ocorrer com água em caixas de transporte com aeração, onde as densidades podem ser variáveis de acordo com o tamanho das pós-larvas, ou, no caso de curtas distâncias o transporte pode ser feito por meio de tubos ou aquedutos, por onde as PLs são levadas diretamente para as unidades de produção. Em curtas distâncias o transporte pode ser feito à seco, em caixas plásticas, tipo basquetas, vazadas e teladas e transportadas em motocicletas.

#### 4.1.8. Parâmetros de desempenho

Os parâmetros de desempenho esperados na fase de cultivo no berçário primário estão descritos na tabela 18.5.

**Tabela 18.5** Parâmetros de desempenho esperados para a fase de criação de pós-larvas do camarão marinho *L. vannamei* em berçários primários. **Adaptado** de ABCC (2012).

Parâmetro	Faixa Ideal
Peso inicial mg	> 2,0
PLs / grama	> 400
Densidade (PLs/L)	5 a 30
Dias de cultivo	15
Sobrevivência %	> 90
Peso final mg	20 a 50
Produtividade (kg/m <sup>3</sup> /ciclo)	0,3

## 4.2. Cultivo em berçários secundários.

### 4.2.1. Estrutura

O primeiro cultivo de camarões em berçários secundários no Brasil surgiu no ano de 2001 na fazenda CONMAR, no Piauí (Rocha et al., 2003). Os berçários secundários são utilizados para a pré-engorda dos juvenis oriundos dos tanques berçários em um sistema trifásico. A fase de cultivo de camarões marinhos em berçários secundários não é uma prática comum nas fazendas da América Latina que produzem camarão em sistema semi-intensivo, uma vez que a grande maioria trabalha apenas com as fases de berçário primário e engorda, no entanto a adoção desta fase intermediária tem sido cada vez mais frequente em todo o mundo.

O berçário secundário pode ter formatos circular, quadrado ou retangular, neste último caso também denominado “raceway”, possuem áreas entre 300 e 7.500 m<sup>2</sup> e são construídos com paredes de alvenaria, concreto ou terra as quais podem ser revestidas com geomembrana (Fig. 18.23). As suas vantagens se somam àquelas dos berçários primários e proporcionam produtividades e sobrevivências finais melhores do que nos sistemas monofásico e bifásico. As pós-larvas oriundas dos berçários primários com peso entre 30 e 50 mg são estocadas nas densidades de 0,5 a 5 PLs/ L durante 15 a 30 dias até atingir um peso entre 1 e 3 g com sobrevivências esperadas superiores a 85% (MCR, 2010; Scopel & Silva, 2016, Browdy et al., 2017).



**Figura 18.23** Raceway, utilizado na segunda fase da criação do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* na empresa Potiguar Alimentos do Mar, São Bento do Norte-RN. **Foto** Sólton Beltrão.

#### 4.2.2. Manejo da qualidade da água

Os berçários secundários também passam por uma etapa de preparação do tanque e da qualidade da água. Nesta fase a qualidade da aeração é fundamental para promover uma circulação eficiente da água e a concentração dos sólidos para facilitar a sua remoção do sistema e manter os níveis de oxigênio dissolvido dentro dos limites recomendados para o *L. vannamei*. Análises da bacteriologia da água também devem ser incluídas na rotina da fazenda a fim de identificar um desequilíbrio microbiológico que resulte em deterioração do ambiente e da saúde dos animais.

#### 4.2.3. Manejo alimentar

Nesta fase, os camarões são alimentados exclusivamente com rações e em função da alta densidade é recomendada a oferta de rações balanceadas e de alta digestibilidade para a criação de juvenis em sistema intensivo contendo os nutrientes, energia, bem como a granulometria adequados ao tamanho do animal (Tab. 18.4). A frequência de alimentação ideal é a mesma do berçário primário, 12 vezes ao dia.

#### 4.2.4. Parâmetros de desempenho

Os parâmetros de desempenho esperados na fase de cultivo no berçário secundário são descritos na tabela 18.6.

**Tabela 18.6** Parâmetros de desempenho esperados para a fase de criação de pós-larvas do camarão marinho *L. vannamei* em berçários secundários. **Adaptado** de Rocha et al. (2003); MCR (2012); Scopel e Silva (2016); Browdy et al. (2017).

Parâmetro	Faixa Ideal
Peso inicial mg	> 20
PLs / grama	> 50
Densidade (PLs/L)	0,5 a 5
Dias de cultivo	30 a 50
Sobrevivência %	> 80
Peso final g	1 a 3
Produtividade (kg/m <sup>2</sup> /ciclo)	3,5

### 4.3. Cultivo em viveiros ou tanques de engorda

#### 4.3.1. Seleção das áreas e aspectos ambientais

A seleção de áreas para a produção de camarões marinhos deve ser precedida por uma análise rigorosa da legislação em vigor para evitar conflitos e uso de áreas de forma ilegal e do ambiente quanto às possíveis fontes de contaminação, tais como esgoto e despejos industriais que comprometam a inocuidade do produto final e são motivo de preocupação para os aqüicultores em todo o mundo (ABCC, 2005).

Há cerca de duas décadas já se sabe que as áreas de manguezal são as menos recomendadas para a construção de viveiros em função da má plasticidade do solo, da elevada concentração de matéria-orgânica e dos prejuízos ao ecossistema marinho. As primeiras fazendas de camarão foram construídas em áreas de manguezal convertendo antigas salinas desativadas ou com a retirada do mangue quando havia amparo legal, da mesma forma que os demais usos, em especial a urbanização.

Atualmente esta prática é proibida e a supressão do manguezal para qualquer atividade de forma ilegal deve ser combatida. A importância do ambiente aquático de forma geral, e estuarino em particular, para a sustentabilidade da carcinicultura é reconhecida e a sua preservação é fundamental para a saúde das fazendas e qualidade do produto final, sendo um dos requisitos para a certificação da carcinicultura.

A tecnologia de recirculação para a reciclagem da água, a gestão mais eficiente dos nutrientes nos alimentos e na água, o desuso de antibióticos e a biorremediação e o biocontrole através do uso de probióticos está tornando a carcinicultura uma atividade mais sustentável e compatível com a Agenda de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas para 2030, em especial quanto ao objetivo 17 “Vida Abaixo da Água”.

### 4.3.2. Sistemas de cultivo

Desde o início da carcinicultura na década de 1970, a criação de camarões se desenvolveu através de 5 gerações (McIntosh, 2020). Adaptando este conceito, a primeira geração que iniciou na década de 1970 adotou o sistema extensivo, tanques com áreas grandes, de até 100 ha, baixa densidade de estocagem e baixa taxa de renovação da água. O semi-intensivo, que surgiu em meados da década de 1980, foi descontinuado e retomou no início da década de 1990 representa a geração 2, densidade média, tanques com áreas de até 20 ha e maior produtividade graças ao aporte de ração. Os sistemas intensivos em meados da década de 1990, geração 3, registravam maior densidade de estocagem, tanques com até 5 ha de área e alta produtividade graças à introdução da aeração.

O sistema com tecnologia de bioflocos *Biofloc Technology* (BFT), a geração 4, se tornou conhecida no início dos anos 2000 e se destacou pela alta densidade, tanques com até 5.000 m<sup>2</sup>, altíssima produtividade graças à nutrição, a engenharia do sistema e o maior domínio da qualidade da água. O conceito da geração 5, sistema de recirculação *Recirculating Aquaculture System* (RAS), já estava presente em alguns projetos mais antigos, contudo ganhou força após 2010 e pode ser considerado uma evolução dos sistemas intensivos com bioflocos, com ênfase na eficiência, engenharia, remoção dos sólidos e na reciclagem do efluente combinados à genética e nutrição mais avançadas. Muito embora as primeiras gerações sejam mais antigas, todas coexistem em diversos países pelo mundo (Tab. 18.7) (Figs. 18.24 e 18.25).

**Tabela 18.7** Sistemas de cultivo para camarões marinhos, gerações, tamanho dos tanques, densidade (camarões/m<sup>2</sup>), produtividade e produção. **Adaptado** de McIntosh (2020).

Sistema	1970	1980	1990	2000	2010	2020	Tamanho dos tanques	Camarões/m <sup>2</sup>	Produtividade kg/ha/ciclo	Produção kg/ano
Extensivo	Geração 1						até 100ha	<10	<500	1.500
Semi-intensivo	Geração 2						1 a 20 ha	10 a 50	500 a 5.000	9.000
Intensivo	Geração 3						0,1 a 5,0 ha	50 a 150	5.000 a 12.500	24.000
Bioflocos (BFT), simbióticos...	Geração 4						até 5.000 m <sup>2</sup>	150 a 480	30.000 a 48.000	150.000*
Recirculação (RAS)	Geração 5						até 5000 m <sup>2</sup>	150 a 500	30.000 a 60.000	200.000*

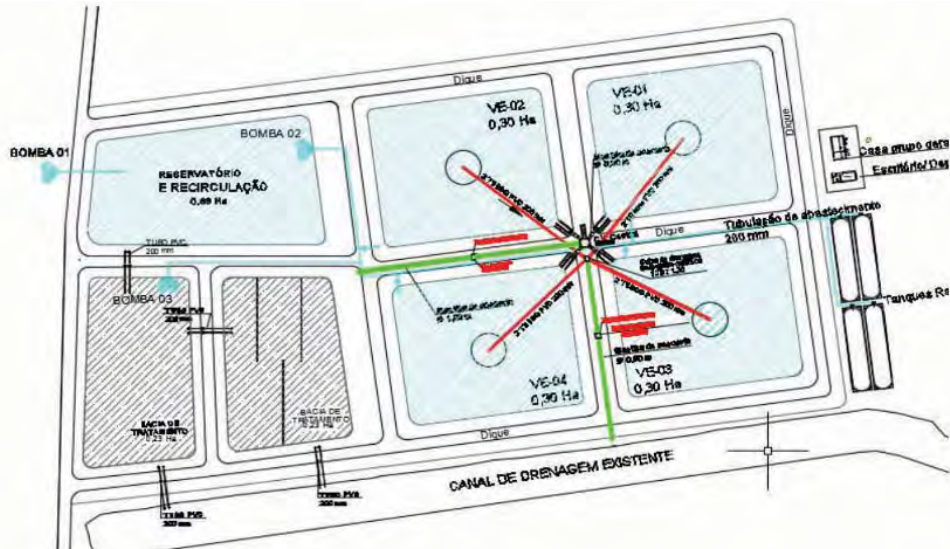
\* Adaptado de McIntosh (2020)

Além da densidade, outros aspectos que diferenciam os cinco sistemas de cultivo são a origem da alimentação, se natural ou artificial (ração), a intensidade da aeração no sistema, a

produção de agregados microbianos (bioflocos), a reciclagem dos nutrientes do sistema e o risco sanitário do surto de enfermidades (Tab. 18.8).



**Figura 18.24** A) Viveiros semi-intensivos da Fazenda Pituassu Ceará Mirim-RN. **Foto** Antônio Carlos Fonseca. B) viveiros semi-intensivos da Fazenda Camarave, São Bento do Norte-RN. **Foto** Avelar Loureiro. C) estufas e sistema de recirculação da Fazenda Cana Brava, Barra do Cunhaú-RN. **Foto** Camanor Produtos Marinhos S.A.



**Figura 18.25** Layout do projeto de produção intensiva em recirculação (RAS) de uma fazenda de camarões marinhos em São Bento do Norte-RN. **Foto** Itamar Rocha e Danillo Jonnes Nunes.

**Tabela 18.8** Sistemas de cultivo, gerações correspondentes e décadas em operação e características em relação à alimentação, aeração, reciclagem de nutrientes e sanidade.

Sistema	1970	1980	1990	2000	2010	2020	Alimentação	Aeração	Agregados microbianos, pré-bióticos	Remoção e reciclagem total dos nutrientes	Risco sanitário
Extensivo	Geração 1						↑↑↑ natural			↑↑↑	↑
Semi-intensivo	Geração 2						↑↑ natural ↑↑ ração	↑	↑	↑↓	↑↑
Intensivo	Geração 3						↑ natural ↑↑↑ ração	↑↑	↑↑	↓	↑↑↑
Bioflocos (BFT), simbióticos...	Geração 4						↑ Bioflocos ↑↑↑ ração	↑↑↑	↑↑↑	↑↑	↑↑↑
Recirculação (RAS)	Geração 5						↑ Bioflocos ↑↑↑ ração	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑

**OBS.** As setas indicam a importância de determinada característica para o sistema ao qual se correlaciona.

#### 4.3.3. Preparação dos viveiros

A preparação prévia dos viveiros de engorda compreende as etapas:

- i. limpeza e desinfecção das comportas,
- ii. vedação e colocação das telas nas comportas,
- iii. esterilização do fundo do viveiro para eliminar predadores e competidores,
- iv. análise e correção do pH do solo para valores acima de 7,0 através da calagem,
- v. mineralização da matéria-orgânica quando for superior a 15% e
- vi. abastecimento, fertilização e biorremediação e biocontrole com o uso de probióticos (ABCC, 2020a). As etapas iv, v e vi devem ser antecedidas por análises para que as ações corretivas sejam eficazes e não impliquem em gastos desnecessários e deterioração da qualidade da água.

A preparação de tanques revestidos com geomembrana é mais simples e compreende basicamente a limpeza e a desinfecção. Mais detalhes sobre a preparação de viveiros e tanques de criação de camarão podem ser encontrados em ABCC (2020a).

#### 4.3.4. Manejo da qualidade da água

Os parâmetros de qualidade da água devem ser monitorados conforme recomendado no tópico berçários primários. O manejo da qualidade da água compreende ainda a escovação e troca das telas para prevenir a colmatação e facilitar a passagem da água durante o abastecimento e drenagem.

Assim como nos cultivos em berçário, nos sistemas de engorda intensivos a qualidade da aeração é fundamental para oferecer conforto aos camarões, promover uma circulação eficiente da água e concentrar os sólidos, para facilitar a sua remoção dos sistemas BFT e RAS, que contam com grandes drenos centrais, ou *shrimptoillet*.

#### 4.3.5. Manejo alimentar

A ração representa entre 40 e 70% do custo de produção de camarões marinhos e é na fase de engorda onde mais de 80% da ração adquirida pelo produtor é utilizada. Neste sentido a escolha correta e o uso eficaz das rações são fundamentais para assegurar o alto desempenho, baixos custos e sem prejudicar a qualidade da água.

A escolha das rações deve se dar em função do tamanho do pelete e composição centesimal para a faixa de tamanho desejada. O valor de proteína bruta apresenta uma faixa que varia de um nível mais alto para sistemas intensivos a um nível mais baixo para sistema semi-intensivo (Tab. 18.9). O valor da proteína na forma bruta não diz muito sobre o valor nutricional do alimento, mas na ausência dos valores digestíveis, não resta alternativa. Os dados abaixo precisam ser complementados com as exigências para aminoácidos, ácidos graxos, vitaminas e minerais.

Os camarões consomem ração até satisfazer as suas necessidades por energia. No entanto, a quantidade de energia digestível, ou aquela porção que o camarão pode aproveitar, varia de uma ração para outra e neste sentido, a consulta de tabelas nutricionais com percentuais de alimentação fixos deve ser feita como um guia inicial, apenas. A quantidade a ser fornecida diariamente deve ser ajustada de acordo com o consumo e o fator de conversão alimentar aparente a cada biometria semanal. Esta quantidade deve ser dividida entre 2 a 3 alimentações por dia em sistemas semi-intensivos e de 4 vezes ao dia a 10 vezes ao dia, com um período contínuo, em sistemas intensivos.

A cada recebimento de ração, é importante avaliar a sua qualidade em termos de lixiviação, hidratação, finos, entre outros aspectos (ABCC, 2005). A cada seis meses, é aconselhável enviar uma amostra das rações

para analisar os níveis de aminoácidos, ácidos graxos e minerais.

**Tabela 18.9** Programa de alimentação de juvenis do camarão *L. vannamei* em 3 faixas de peso em relação ao tamanho de pelete, composição centesimal e energia.

Peso g	3 a 5	5 a 15	> 15
Tamanho do pelete mm	2,4	2,4 a 2,7	2,4 a 2,9
Proteína bruta g kg <sup>-1</sup>	380 a 360	360 a 340	340 a 320
Lípido bruto g kg <sup>-1</sup>	70	65	60
Fibra bruta g kg <sup>-1</sup>	Até 60		
Material mineral g kg <sup>-1</sup>	Até 140		
Umidade g kg <sup>-1</sup>	Até 100		
Energia bruta MJ kg <sup>-1</sup>	16		

Nos primeiros 16 dias, o manejo alimentar é realizado por voleio ou alimentação automática. Nos sistemas semi-intensivos, após o 16º dia a ração é introduzida nas bandejas de forma gradual até se tornarem exclusivas após o 30º dia. Em sistemas intensivos, após o 16º dia, a alimentação é contínua por voleio ou com alimentadores automáticos e podem ser utilizadas algumas bandejas espalhadas no tanque como indicadores de consumo (Fig. 18.26). A instalação das bandejas de alimentação e o manejo alimentar devem ser planejados e a oferta de ração deve ser ajustada de acordo com as biometrias e com o seu consumo (Nunes, 2003; ABCC, 2020a).



**Figura 18.26** Alimentador automático no tanque intensivo e central de controle da Fazenda Cana Brava, Barra do Cunhaú-RN.  
**Fotos** Camanor Produtos Marinhos S.A.

O conceito “Simbiótico” tem sido adotado por produtores de camarão em todo o mundo. Simbiótico significa a interação entre prebióticos, probióticos e o processo de fermentação que promove o crescimento de leveduras e bactérias que atuam na biorremediação da qualidade da água e do solo, no biocontrole de patógenos, fortalecimento do sistema imunológico e nutrição dos camarões.

Os parâmetros de desempenho são apresentados na tabela 18.7 em termos de produtividade e produção. As sobrevivências médias durante a engorda variam de acordo com a fazenda e a época do ano e em geral se situam na faixa entre 45 e 85%, assim como o fator de conversão alimentar que é influenciado pelo manejo alimentar, sistema de cultivo e qualidade da ração e oscila entre 1,2 e 1,7.

#### 4.3.6. Manejo sanitário

O manejo sanitário dos camarões durante todas as fases de cultivo compreende a adoção de procedimentos de biossegurança para prevenir a introdução e disseminação de patógenos (ABCC, 2012a, b) e a avaliação da sanidade dos camarões através das Análises Presuntivas para avaliar os sinais clínicos de enfermidades (ABCC, 2018).

As Análises Presuntivas devem ser realizadas semanalmente na ocasião das biometrias ou quando houver uma suspeita de surto. As análises de diagnóstico para a detecção de patógenos específicos podem ser realizadas através de histologia, provas baseadas em anticorpos e métodos moleculares (Morales & Cuéllar-Anjel, 2014; ABCC, 2017).

#### 4.3.7. Despesca

A retirada dos camarões, ou despesca, é realizada quando os animais atingem o peso esperado para a comercialização. Eventualmente a despesca pode acontecer antes do planejado em casos de surtos causados por enfermidades. Nas biometrias que antecedem a despesca, os animais são avaliados em relação à incidência de camarões em estágio de

muda, ou ecdise, quando ocorre a formação de uma nova carapaça que ainda pode estar mole, além da presença de marcas de necrose na carapaça, sabor de terra e a presença de areia no intestino.

Caso os camarões apresentem alguns destes problemas deverá ser adotada uma ação corretiva, como a adição de calcário ou a renovação da água, para ajudar no endurecimento da carapaça ou estimular a ecdise em casos de camarões com a casca mole e com necrose e sabor de terra, respectivamente. A presença de areia no intestino dos camarões pode ser evitada com a oferta constante de ração.

A despesca é realizada através da diminuição progressiva do nível da água do viveiro e a retirada dos camarões na comporta de drenagem através da instalação de redes, chamadas de *bag net*, ou máquinas de despesca de onde os camarões são recolhidos nas caixas vazadas tipo basquet (Figs. 18.27 e 18.28). Dependendo da exigência do comprador, os camarões poderão ser tratados com aditivos, como o metabisulfito de sódio, para a prevenção da melanose ou escurecimento enzimático da carapaça do camarão (ABCC, 2005).



**Figura 18.27** Vista superior durante a despesca da Fazenda Cana Brava, Barra do Cunhaú-RN. **Foto** Camanor Produtos Marinhos S.A.





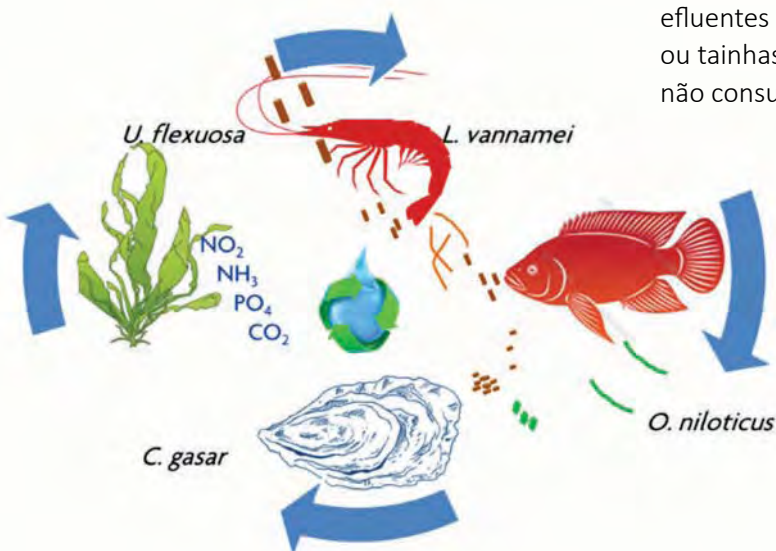
**Figura 18.28** Camarões saindo da máquina despesca e caindo no container, ou bin, com gelo durante a despesca da Fazenda Cana Brava, Barra do Cunhaú-RN. **Foto** Camanor Produtos Marinhos S.A.

## 5. AQUICULTURA MULTITRÓFICA INTEGRADA

A Aquicultura Multitrófica Integrada (*Integrated Multi-Trophic Aquaculture, IMTA*) é o futuro das fazendas aquáticas, pois permite que nutrientes de rações não consumidas, dejetos e seus subprodutos sejam convertidos em alimento, fertilizantes e energia para outras culturas. A produção integrada de salmão, mexilhão e algas marinhas em águas temperadas foi o primeiro sistema a ganhar popularidade. Na Ásia, o IMTA é praticado em escala comercial há décadas, mas nos outros continentes ainda se encontra em amadurecimento (Barrington et al., 2009).

O IMTA tem um potencial considerável no Brasil, pois existem diferentes espécies aquáticas sendo cultivadas em ambientes distintos que podem ser produzidas de forma integrada. O camarão marinho é a principal espécie cultivada em água marinha, salobra e doce, e o seu policultivo com tilápia tem alcançado sucesso. No entanto, a reciclagem de nutrientes ainda é pouco eficiente e a inclusão de ostras e algas para filtrar e absorver o excesso de nutrientes fechará este ciclo (Fig. 18.29).

Um exemplo de sistema multitrófico é o cultivo integrado de camarões marinhos que são alimentados com ração comercial e os seus efluentes abastecem um tanque com peixes, tilápias ou tainhas, por exemplo, que se alimentam da ração não consumida e filtram o material particulado.



**Figura 18.29** Esquema de um sistema multitrófico para a produção integrada de camarões marinhos, tilápias, ostras e macroalgas.

O efluente do tanque de peixes segue para um tanque com ostras nativas (*Crassostrea gasar*) que também filtram material particulado e dissolvido e cujo efluente abastece um tanque com macroalgas que absorve os compostos nitrogenados, o fósforo e outros nutrientes dissolvidos (Fig. 18.30).



**Figura 18.30** Protótipo de um sistema multitrófico com o camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, a tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, a ostra nativa *Crassostrea gasar* e a macroalga *Ulva flexuosa* do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos da Escola Agrícola de Jundiá da UFRN.

**Foto** Ewerthon Damásio e José Lucas Dantas.

Fazendas de criação de camarão marinho do estado do Rio Grande do Norte, como a Camanor, a Primar e a Aquarium, têm investido no sistema multitrofico em escala comercial, com até três espécies e estão no caminho para uma maior eficiência. A inclusão de espécies de maior valor, como a garoupa pode aumentar a resiliência e a lucratividade das fazendas substancialmente.

## 6. POTENCIALIDADES E PERSPECTIVAS

Por que a aquicultura costeira não cresce no Brasil? Em 1999, a produção de camarões marinhos e moluscos cultivados representavam 12 e 7% da produção total da aquicultura, respectivamente.

Em 2003, estes valores representaram 33% e 4%, respectivamente, ou seja, a carcinicultura deu um salto, crescendo neste período a uma taxa 3 vezes maior do que a piscicultura de água doce, enquanto que a produção de moluscos se retraiu.

Pulando para 2017, quando a produção da aquicultura foi 425% maior do que aquela de 1999, a carcinicultura representou 10% do total produzido e a malacocultura 3,5%. Em paralelo, o valor das importações brasileiras de pescado em 2017 foram cerca de 3 vezes maiores do que em 1999.

O mercado é a locomotiva que puxa a produção comercial. Se o mercado não paga pelo produto final a cadeia para trás, os vagões, que são os fabricantes de ração, os produtores de alevinos fornecedores de equipamentos, insumos e serviços não saem do canto e ninguém é remunerado. E o mercado tem mostrado disposição em pagar. Com a demanda não atendida, a cada ano o Brasil recorre às importações para pôr o peixe na mesa dos brasileiros. Estas importações custam mais de US\$ 1 bilhão ao ano.

A aquicultura costeira possui um enorme potencial para gerar renda, alimentos, e diminuir a desigualdade no Brasil. Contudo, esta atividade não recebe o suporte necessário para se desenvolver. Ter a semente e o vaso não é suficiente. É preciso regar. As tecnologias existem no Brasil e são até mais avançadas do que aquelas encontradas em países onde a produção é muito superior à nossa, mesmo com muitas espécies sendo produzidas em empresas chamadas de “fundo de quintal”, devido à precariedade das instalações.

A tecnologia de produção de organismos aquáticos do Brasil deu um grande salto tecnológico na última década, contudo os recursos para a consolidação desta tecnologia no campo se tornaram escassos na metade deste período. Apesar das dificuldades, a indústria de equipamentos e insumos para a produção em sistemas intensivos cresceu e o número de empresas que produzem peixes e camarões em sistemas intensivos com alta tecnologia segue em ascensão.

No entanto é preciso contar com políticas de estado planejadas para o curto, médio e longo prazo, de ao menos cinco anos, e que estabeleçam a direção a seguir, estruturam os centros de ensino e pesquisa, as empresas de extensão, o crédito e incentivo à modernização das tecnologias atuais para assim alavancar esta enorme cadeia produtiva. A aquicultura nacional espera este apoio consistente e de longo prazo há décadas.

## REFERÊNCIAS

- ABCC. Associação Brasileira de Criadores de Camarão. 2005. **Carcinicultura Marinha: Gestão da Qualidade e Rastreabilidade – Manual do Grande Produtor**. 1ed. Recife, 2005. 110 p.
- ABCC. Associação Brasileira de Criadores de Camarão. 2012a. **Curso de Boas Práticas de Manejo e Biossegurança: Fazendas de Engorda Nível II**. Projeto de Desenvolvimento Tecnológico com Boas Práticas de Manejo e Biossegurança para a Carcinicultura no Nordeste. Convênio Ministério da Pesca e Aquicultura nº775291/2012. 75 p. Disponível em: <https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Apostila-BPM-Fazenda-de-Engorda-N%C3%ADvel-2.pdf> Acessado em 08 de outubro de 2020a.
- ABCC. Associação Brasileira de Criadores de Camarão. 2012b. **Curso de Boas Práticas de Manejo e Biossegurança: Laboratório de Maturação, Reprodução e Larvicultura de Camarão**. Convênio Ministério da Pesca e Aquicultura nº775291/2012. 37 p. Disponível em: <https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Apostila-BPM-Fazenda-de-Engorda-N%C3%ADvel-2.pdf> Acessado em 08 de outubro de 2020b.
- ABCC. Associação Brasileira de Criadores de Camarão. 2016. **Curso: Berçários Intensivos, Raceways e crescimento compensatório - Aumentando o número de ciclos de cultivo por ano**. Convênio Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nº 827739/2016. 65 p. Disponível em: <https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2017/07/Apostila-Curso-BER%C3%87%C3%81RIOS-INTENSIVO.pdf> Acessado em 08 de outubro de 2020c.
- ABCC. Associação Brasileira De Criadores De Camarão. 2017. **Análises a fresco: o que são? Qual a metodologia? O que observar e como interpretar? Qual sua importância para a prevenção e controle de enfermidades no cultivo do *L. vannamei***. Convênio Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nº 827739/2016. 64 p. Disponível em: <https://abccam.com.br/2018/08/analises-presuntivas-e-sua-importancia-para-a-prevencao-e-controle-de-enfermidades-no-cultivo-de-l-vannami/> Acessado em 19 de outubro de 2020d.
- ABCC. Associação Brasileira De Criadores De Camarão. 2018. **Análises Presuntivas e sua Importância para a Prevenção e Controle de Enfermidades no cultivo do *L. vannamei***. Convênio Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nº 827739/2016. 64p. Disponível em: <https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2018/08/APOSTILA-CURSO-AN%C3%81LISE-PRESUNTIVA-TIBAU-DO-SUL-RN.pdf> Acessado em 19 de outubro de 2020e.
- Amaral, R.; Rocha, I. P.; Lira Jr. G. P. **Shrimp Feeding and Feed Consumption: The Brazilian Experience**. In: Responsible Aquaculture for a Secure Future: Proceedings of a Special Session on Shrimp Farming. World Aquaculture (Darryl E. Jory, Editor). The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana 70803, United States. p. 267-276, 2003.
- Barrington, K.; Chopin, T.; Robinson, S. 2009. **Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters**. In D.Soto (ed.). Integrated mariculture: a global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper.No. 529. Rome, FAO. pp. 7–46
- Browdy, C., Van Wyk, P., Stock, C., Zeigler, T.R., Flores, Lee, R., Flores, D. 2017a. **Building a better shrimp nursery, part 1**. Disponível em <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/building-better-shrimp-nursery-part-1/> Acessado em 08 de outubro de 2020.
- Browdy, C.; Van Wyk, P.; Stock, C.; Zeigler, T.R.; Flores, Lee R.; Flores, D. 2017b. **Building a better shrimp nursery, part 3**. Disponível em <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/building-better-shrimp-nursery-part-3/> Acessado em 08 de outubro de 2020.
- Carvalho, R.; Figuerola, W. B.; Souza, R. 2020. As Dores e as **Oportunidades para o Carcinicultor no Mercado Pós Pandemia**. Revista da ABCC, ano 22, nº1, Julho de 2020, p. 26-31. Disponível em: <https://abccam.com.br/2020/07/revista-da-abcc-edicao-digital/> Acessado em 27 de novembro de 2020.
- Ceccaldi, H. J. 1997. **Anatomy and physiology of the digestive system**, p. 261-291. In, L. R. D'Abramo, D. E. Conklin, and D. M. Akiyama (eds.), Crustacean Nutrition Advances in World Aquaculture 6. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA.
- Chamberlain, G. **History of Shrimp Farming**. In: The Shrimp Book (Victoria Alday-Sanz, Ed.). Nottingham University Press, UK. p.1-38, 2010.
- Divino, J.; Schultz, E. **Juvenile threespine stickleback husbandry: standard operating procedures of the Schultz lab**. Rev. 31 July, 2014. 47 p.
- D'Abramo, L. R.; Perez, E. I.; Sangha, R.; Puello-Cruz, A. **Successful culture of larvae of *Litopenaeus vannamei* fed a microbound formulated diet exclusively from either stage PZ2 or M1 to PL1**. Aquaculture 261, 1356–1362, 2006.

FAO. **Health management and biosecurity maintenance in white shrimp (*Penaeus vannamei*) hatcheries in Latin America.** FAO Fisheries Technical Paper. No. 450. Rome, FAO. 2003. 62 p.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.** Sustainability in action. Rome. 2020. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

Guerrelhas, A. C. B. **Laboratório de Pós-Larvas: História de Sucesso na Produção de Pós-Larvas no Brasil.** In: Responsible Aquaculture for a Secure Future: Proceedings of a Special Session on Shrimp Farming. World Aquaculture (Darryl E. Jory, Editor). The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana 70803, United States. p. 107-113, 2003.

Juárez, L.; Moss, S.; Kawahigashi, D.; Franck, D. **Maturação de Camarões: Da Produção de Reprodutores ao Náuplio Saudável.** In: Responsible Aquaculture for a Secure Future: Proceedings of a Special Session on Shrimp Farming. World Aquaculture (Darryl E. Jory, Editor). The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana 70803, United States. p. 75-106, 2003.

Juárez, L. M.; Fegan, D. **Larval Rearing.** In: **Operating Procedures for Shrimp Farming.** (Claude E. Boyd, Darrel E. Jory, George W. Chamberlain, Eds.). Global Aquaculture Alliance. p. 30-39, 2006.

Kawamura, G.; Bagarinao, T. U.; Seniman, N. S.; Yong, A. S.; Lim, L. S. **Comparative morphology and function of feeding appendages in food intake behaviour of the whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, and the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*.** Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture. V2, p. 26-39, 2018.

Lin, Y.-C.; Chen, J.-C. **Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels.** J. Experimental Marine Biology and Ecology. v. 259, p. 109-119, 2001.

Lin, Y.-C.; Chen, J.-C. **Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels.** Aquaculture, v. 224, p.193-201, 2003.

McIntosh, R. **Amazing advances in sustainable intensification.** In: Goal Virtual Conference 2020. Disponível em: <https://www.aquaculturealliance.org/goal/> Acessado em 18 de outubro de 2020.

Morales, V. Y. J. Cuéllar-Anjel (eds.). **Guía Técnica – Patología e Inmunología de Camarones Penaeidos.** OIRSA, Panamá, Rep. de Panamá. 2014. 382 p.

Nunes, A. J. P. **Bandejas de Alimentação na Engorda de Camarão Marinho.** Revista Panorama da Aquicultura, Novembro/Dezembro, p. 39-47. 2003.

Rodríguez, S. R.; Regalado, E. M.; Pérez, J. A. C.; Pastén, A. N.; Ibarra, R. S. **Comparison of some reproductive characteristics**

**of farmed and wild white shrimp males *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae).** Rev. biol. Trop., v. 55, p. 199-206. 2007.

Rocha, I. P.; Silva, L. S. R.; Carvalho, R. A. **Secondary Nurseries Support Changing Needs Of Growing Shrimp.** Global Aquaculture Advocate. December 2003. p. 75-75. 2003.

Rocha, I. **Análise da Produção Aquícola Mundial e das Oportunidades para o Brasil.** Revista da ABCC, Ano XXI, nº2, p.8-10. 2019. Disponível em: <https://abccam.com.br/2019/11/revista-abcc-especial-fenacam19-ano-xxi-n-02/> Acessado em 18 de outubro de 2020.

Samocha, Tm; Di Prangnell; Tr Hanson; GdTreece; Tc Morris; Lf Castro; N Staresinic. **Design and Operation of Super Intensive, Biofloc-Dominated Systems for Indoor Production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*.** The Texas A&M Agrilife Research Experience. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana USA. 2017. 398 p.

Scopel, B. S.; Silva, A. N. **A utilização de berçários e raceways em fazendas de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* no Brasil I - Histórico, Conceitos e Tendências.** Aquaculture Brasil, Janeiro/Fevereiro 2017, p. 38-46, 2017.

Silva, J. R. M. C.; Nogueira, A. L. M. **Perfil da alimentação nas fazendas de criação de camarões marinhos e de água doce do Brasil.** Informe FAO, Projeto GCP/RLA/075/ITA. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. São Paulo, Brasil, 1988. 79 p.


Tang, K. F. J.; Bondad-Reantaso, M. G.; Arthur, J. R. **Shrimp infectious myonecrosis strategy manual.** FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1187. Rome, FAO. 2019.

Treece, G.D. **Shrimp Culture.** In: **Encyclopedia of Aquaculture.** (Robert R. Stickney, ed.). John Wiley e Sons, Inc. p. 805 – 868, 2000.

Wongmaneeprateep, S.; Baoprasertkul, P.; Prompamorn, P.; Thongkao, K.; Limsuwan, C.; Chuchird, N. **Effects of Water Temperature on the White Spot Syndrome Virus Infection in Postlarvae *Litopenaeus vannamei*.** Walailak J Sci & Tech, v. 7, p. 127-134, 2010.

Yano, I.; Kanna, R. A.; Oyama, R. N.; Wyban, J. A. **Mating behaviour in the penaeid shrimp *Penaeus vannamei*.** Marine Biology, v. 97, p. 171-175, 1988.

Zacarias, S.; Carboni, S.; Davie, A.; Little, D. C. **Reproductive performance and offspring quality of non-ablated Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under intensive commercial scale conditions.** Aquaculture 503, 460-466, 2019.



Ao nosso querido professor e amigo Dr. FÁBIO HAZIN, dedicamos esta publicação, feita por tantas mãos, em reconhecimento e gratidão a todo empenho na busca e transmissão de conhecimento sobre os ambientes e seres marinhos, além de toda contribuição vinda disso para o desenvolvimento de ferramentas sustentáveis de utilização de seus recursos e manejo dos ecossistemas.

Sua genialidade e dedicação incessante à pesquisa geraram contribuições preciosíssimas para a ciência e gestão marinha no Brasil e no mundo. Fortalecendo nossa ciência e abrindo caminhos para a pesquisa brasileira no cenário mundial.

Seu comprometimento com a transmissão deste conhecimento e capacidade extraordinária de transbordar o amor pela ciência em sua oratória encantou e inspirou seus alunos e a todos que o ouviam.

Sua humanidade, compaixão e generosidade acolheram, incentivaram e fortaleceram a todos que tiveram o imenso privilégio de compartilhar da sua existência.

O seu legado segue inspirando e orientando, e será sempre lembrado como uma referência na formação de futuras gerações de pesquisadores das Ciências do Mar.

Na certeza de que sua ausência será sempre apenas física. Ele permanece vivo em tudo que enriqueceu na pesquisa e gestão pesqueira e na vida de todos que com ele conviveram, assim como sua oração que ficará para sempre eternizada em nossos corações.

***“Obrigado por mais esse dia, que eu possa ao longo de todo esse dia, permanecer desperto e atento ao momento presente para ajudar a todos os outros seres a serem mais felizes e livres de todo o sofrimento”***



Este livro foi diagramado na fonte Calibri light, corpo 11.  
Impresso em papel couché fosco 115g (miolo) e capa dura

...the first of the ...

...the second of the ...

...the third of the ...

...the fourth of the ...

...the fifth of the ...

...the sixth of the ...

...the seventh of the ...

...the eighth of the ...

...the ninth of the ...

...the tenth of the ...

...the eleventh of the ...

...the twelfth of the ...

...the thirteenth of the ...

...the fourteenth of the ...

...the fifteenth of the ...

...the sixteenth of the ...

...the seventeenth of the ...

...the eighteenth of the ...

